



Reduktion af forureningsrisiko fra atmosfærisk luft

Guideline for danske vandværker – Beluftning og trykudligning med atmosfærisk luft i produktion af drikkevand

Vejergang, Carsten; Jacobsen, Pia; Albrechtsen, Hans-Jørgen; Corfitzen, Charlotte B.; Ryssel, Sune Thyge; Koch, Arne Chr.; Vogn Kjeldsen, Thomas; Møller Sørensen, Maj; Juul, Henrik

Publication date:
2016

Document Version
Publisher's PDF, also known as Version of record

[Link back to DTU Orbit](#)

Citation (APA):
Vejergang, C., Jacobsen, P., Albrechtsen, H-J., Corfitzen, C. B., Ryssel, S. T., Koch, A. C., Vogn Kjeldsen, T., Møller Sørensen, M., & Juul, H. (2016). *Reduktion af forureningsrisiko fra atmosfærisk luft: Guideline for danske vandværker – Beluftning og trykudligning med atmosfærisk luft i produktion af drikkevand*. Miljøstyrelsen.

General rights

Copyright and moral rights for the publications made accessible in the public portal are retained by the authors and/or other copyright owners and it is a condition of accessing publications that users recognise and abide by the legal requirements associated with these rights.

- Users may download and print one copy of any publication from the public portal for the purpose of private study or research.
- You may not further distribute the material or use it for any profit-making activity or commercial gain
- You may freely distribute the URL identifying the publication in the public portal

If you believe that this document breaches copyright please contact us providing details, and we will remove access to the work immediately and investigate your claim.

Reduktion af forureningsrisiko fra atmosfærisk luft

Guideline for danske vandværker – Beluftning og trykudligning
med atmosfærisk luft i produktion af drikkevand.

Guideline for danish waterworks – The use of atmospheric air for
the purpose of aeration and pressure equalisation in the
production of drinking water.

Fyrtårnsprojektet ”Fremtidens Drikkevandsforsyning”

Arbejdspakke 6

April 2016



Miljø- og Fødevareministeriet
Naturstyrelsen

Vandsektorens
Teknologiudviklingsfond

Titel:

Reduktion af forureningsrisiko fra atmosfærisk luft

Forfattere:

Carsten Vejergang, Aarhus Vand

Pia Jacobsen, Aarhus Vand

Hans-Jørgen Albrechtsen, DTU

Charlotte Corfitzen, DTU

Sune Thyge Ryssel, DTU

Arne Chr. Koch, Silhorko-Eurowater

Thomas Vogn Kjeldsen, Aarhus Vand

Maj Møller Sørensen, Aarhus Vand

Henrik Juul, VandCenter Syd

Udgiver:

Miljøstyrelsen
Strandgade 29
1401 København K
www.mst.dk

Foto:

-

Illustration:

Forfatterne

År:

2016

Kort:

-

ISBN nr.

[xxxxxx]

Ansvarsfraskrivelse:

Miljøministeriet offentliggør rapporter og indlæg vedrørende forsknings- og udviklingsprojekter inden for miljøsektoren, som er finansieret af Miljøministeriet. Det skal bemærkes, at en sådan offentliggørelse ikke nødvendigvis betyder, at det pågældende indlæg giver udtryk for Miljøministeriets synspunkter. Offentliggørelsen betyder imidlertid, at Miljøministeriet finder, at indholdet udgør et væsentligt indlæg i debatten omkring den danske miljøpolitik. Må citeres med kildeangivelse.

Indhold

Indhold	3
Forord.....	4
Konklusion og sammenfatning	5
Anbefalinger.....	5
UK summary	7
Recommendations	7
1. Formål	9
2. Baggrund	10
3. Konceptbeskrivelser for ventilationssystemer	11
3.1 Ventilation ved iltning	12
3.2 Ventilation i filtersal	12
3.3 Ventilation i rentvandsbeholdere.....	13
3.4 Sikring af skylleluft	13
3.5 Affugtning.....	13
3.6 Generelle overvejelser om luftfiltre.....	14
4. Sammenfatning og resultater fra WP6	17
4.1 Pollen.....	18
4.2 Pesticider.....	19
4.3 Røg.....	22
5. Anbefalinger	23
Referencer	25
 Bilag 1: Formidling.....	 26
Bilag 2: English version	27

Appendiks:

PI-diagram for beholderventilation på Truelsbjergværket (papirformat A2).

Filtertyper og komponenter til beholderventilationssystem på Truelsbjergværket.

Denne rapport er udarbejdet som en guideline i delprojektet WP6: Reduktion af forureningsrisiko fra atmosfærisk luft, som er et delprojekt under hovedprojektet Fremtidens Drikkevandsforsyning, som har opnået støtte fra Vandsektorens Teknologiuudviklingsfond og Miljøministeriets Program for Grøn Teknologi.

I forhold til anvendelse af atmosfærisk luft i produktion af drikkevand på danske vandværker har WP6 udarbejdet risikovurdering for følgende tre luftbårne forureningskilder: pollen, pesticider (fra sprøjtning på marker) og røg fra brande.

Ud over pollen, pesticider og røg er der under WP6 lavet mere overordnede risikovurderinger for følgende potentielle forureningskomponenter: gyllespredning (bakterier og ammoniak), gødskning (flydende ammoniak og flydende NPK-gødning), markafbrændning (dårlig smag og lugt), trafik (gasser og partikler), luftafkast fra virksomheder (gasser og partikler) og privat afbrænding (ukontrollerede afbrændinger). De potentielle forureningskomponenter er risiko- og sandsynlighedsvurderet ved afholdelse af en workshop [6] med deltagelse af Aarhus Kommune Natur og Miljø, Aarhus Centre for Analytical Chemistry – Atmosphere and Climate, AffaldVarme Aarhus, DTU Miljø, Silhorko, Vandcenter Syd og Aarhus Vand. DTU Miljø har udarbejdet risikovurderingerne for henholdsvis pollen, pesticider og røg, som er afrapporteret på notatform i [1-3].

Konceptbeskrivelserne i guidelinen har udgangspunkt i anvendt praksis hos Vandcenter Syd og Aarhus Vand (før gennemførelsen af WP6).

Konklusion og sammenfatning

Guidelinen har behandlet følgende parametre: gylle, flydende ammoniak, NPK-gødning, markafbrænding, trafik og private afbrændinger i en indledende risikovurdering, mens parametrene pollen, pesticider og røg er behandlet i en mere grundig risikovurdering.

Sandsynligheden for, at gylle, flydende ammoniak, NPK-gødning, markafbrænding og trafik ville kunne give en forurening af drikkevandet, som følge af at råvandet behandles med atmosfærisk luft, blev vurderet som forsvindende lille, hvorfor der ikke risikovurderes yderligere på disse parametre.

Private afbrændinger kan derimod godt udgøre en sandsynlig risiko for forurening af drikkevandet, hvis røg fra afbrændingerne indgår som en del af luftstrømmen, der anvendes i vandbehandlingen. De private afbrændinger er dog ikke risikovurderet grundigere end den indledende risikovurdering, da kompleksiteten i røgen er for stor til, at en grundig risikovurdering kunne gennemføres under WP6.

Pollen, pesticider og røg fra forbrændingsanlæg blev vurderet som så sandsynlige, at de blev underkastet en grundigere risikoanalyse. Derudover blev det også vurderet, at tungmetaller og dioxin i røg ville være den største trussel for en vandforsyning under en "normal" brand, hvorfor forureningstruslen fra disse parametre i røg er risikovurderet.

Anbefalinger

Som udgangspunkt bør vandforsyningen betragte anvendelsen af atmosfærisk luft i sin produktion på lige fod med alle øvrige komponenter i ledelsessystemet omkring Dokumenteret DrikkevandsSikkerhed, DDS. Det betyder, at der skal laves en risikovurdering, hvor en sandsynlighed og en konsekvens for en given hændelse skal vurderes, og på bag grund af denne træffes de nødvendig foranstaltninger i forhold til forsyningens sikkerhedsniveau.

Anbefalingerne nedenfor er opbygget i tre niveauer. Hvor det første niveau (grønt i DDS-vejledningen) kræver en grundig og veldokumenteret risikovurdering, hvor sandsynlighed og konsekvens begge fremstår som lavt vurderet.

Andet niveau bygger også på risikovurderingen, men det har ikke været muligt at få en fyldestgørende og veldokumenteret risikovurdering på plads eller risikovurderingen har vist lavere trusselsbillede (gult i DDS-vejledningen).

Det tredje og sidste niveau i anbefalingerne er baseret på et højt trusselsbillede (rødt i DDS-vejledningen) eller en mangelfuld risikovurdering eller en kraftig beluftning, eksempelvis Inka-beluftning.

Anbefalingsniveau	Anbefaling
1.	Gennemfør relevante risikovurderinger og gennemfør DDS-styring i forhold til disse.
2.	Gennemfør relevante risikovurderinger og vælg filterklasse, f.eks. M5 eller op efter, og gennemfør DDS-styring i forhold til disse. Overvej placeringen af luftindtag i til forhold til trafik. Fane højde spiller en afgørende rolle for eksponering. Etabler eventuelt overvågning med on-line SCADA røggas sensor (NO _x /SO _x), som forureningsalarm eller overvågning for brand.
3.	Gennemfør relevante risikovurderinger og vælg filterklasse, f.eks. F7 og aktiv kulfiltrering, og gennemfør DDS-styring i forhold til disse. Etabler eventuelt en fast barrieresikring ved Finfilter og Aktiv kulfiltrering. Al luft inden for vandværkets mure er behandlet via aktiv kulfiltrering.

Som supplement til ovenstående anbefalinger kan vandforsyningen overveje at bede den kommunale beredskabsmyndighed om at komme med i beredskabet, således at vandforsyningen adviseres i tilfælde af brand.

Som en del af vandforsyningens beredskab bør det vurderes, om vandværket kan lukkes ned i tilfælde af alvorlig luftforurening eller om vandværket leverer vand til brandslukning.

UK summary

In the initial assessment, this guideline has dealt with the following parameters in relation to air in contact with drinking water on treatment plants: manure, liquid ammonia, NPK fertilizer, crop burning, traffic and private burnings.

The parameters pollen, pesticides and smoke are addressed in a more thorough risk assessment.

The probability of pollution from manure, liquid ammonia, NPK fertilizer, crop burning and traffic was assessed as negligible.

Private burnings of debris, are a probable contamination risk for drinking water. Depending of the location of the fire and the lay-out of the water treatment plant, the smoke from such fires could be directed to the air intake at the water treatment plant. These are not risk assessed more thoroughly than the initial risk assessment since the complexity of the contamination parameters is unpredictable.

Pollen, pesticides and smoke from incinerator plants were assessed as likely and were subjected to a thorough risk analysis. Moreover, it was also estimated that heavy metals and dioxin in smoke would be the greatest threat to a water supply during a "normal" fire, so the threat of pollution from these parameters in smoke are risk assessed.

Recommendations

Water treatment plants uses atmospheric air in its production equally with all other components in the system of governance by Documented Drinking Water Safety, DDS. This means that an assessment should be carried out according to the DDS system, since there are a probability and an impact of a given incident. The water company should take the necessary measures to secure the water supply according to this assessment.

The recommendations below are structured in three levels. Where the first level (green in the DDS manual) requires a thorough and well-documented risk assessment, which probability and consequences both are low.

The second level is also based on the risk assessment, but here it has either not been practically possible to achieve a fully documented risk assessment or the risk assessment has defined a medium threat level present (yellow in the DDS manual).

The third and final level of the recommendations are based on a high threat (red in the DDS manual) or an inadequate risk assessment or a strong aeration is applied for stripping unwanted substances such as Methane from the water.

Recommended Level

1. Complete the relevant risk assessments and complete DDS control in relation to these.
2. Complete the relevant risk assessments and select filter class, for example. M5 or after, and complete DDS control in relation to these.

Consider the location of the air intake in the relation to traffic. Height plays a crucial role for exposure.

Establish monitoring with on-line SCADA sensor (NO_x / SO_x), as pollution alarm or monitoring of fire.

3. Carry out appropriate risk assessments and select filter class, for example. F7 and active carbon filtration and complete the DDS system monitoring in relation to these.

Possibly establish a fixed airtight barrier protection by Fine filter and active carbon filtration. If required, all air within the waterworks walls (also for air scouring of filters) could be treated by active carbon filtration.

In addition to the recommendations above, the water supply company could consider asking the municipal emergency authority to arrange for the water supply be notified in case of fire.

As an element in the emergency procedures it should be determined whether the waterworks can be shut down in the event of severe air pollution or whether the waterworks supply water for the firefighting processes.

1. Formål

Formålet med denne guideline er at give forsyningsselskaber og vandværker, som står overfor en renovering eller nyopførelse af enten vandværk, rentvandsbeholder og/eller beluftningsanlæg, et beslutningsgrundlag vedrørende anvendelse af atmosfærisk luft i drikkevandsproduktionen.

Guidelinen forholder sig til luftbårne forureningsrisici (pesticider, pollen eller røg) i forhold til drikkevand, når der anvendes atmosfærisk luft i vandbehandlingsprocessen eller ved ventilation/trykudligning i rentvandsbeholderen. Parametre er udvalgt på baggrund af en risikoanalyse af hvilke luftbårne forurenere, der udgør størst risiko for at påvirke kvaliteten af drikkevandet.

Guidelinen kan dels anvendes til at vurdere, hvorvidt de behandlede risikoparametre er relevante for det enkelte forsyningsselskab/vandværk, dels kan guidelinen anvendes til at vurdere hvilke indsatser (luftbehandling), der skal iværksættes for at sikre drikkevandskvaliteten under beluftning og trykudligning. Disse elementer hører naturligt til arbejdet med Dokumenteret DrikkevandsSikkerhed (DDS).

Dokumenteret DrikkevandsSikkerhed, DDS, er et system, som sikrer at vandforsyningen er på forkant og i stand til at styre produktionen, således at den ønskede vandkvalitet kan leveres. DDS bygger på HACCP-principperne (Hazard Analysis and Critical Control Points) svarende til risikofaktoranalyse og kritiske styringspunkter.

2. Baggrund

I dag eksisterer der ikke en branchestandard for filtrering af procesluft i drikkevandsproduktion. Sikring af procesluft er formodentlig indført på de fleste vandværker uden, at der foreligger en decideret risikovurdering for eventuelle forureningsrisici. Denne guideline er udarbejdet til danske vandværker, og er tænkt som et fælles støtteværktøj til vurderingsprocessen.

Guidelinen tager udgangspunkt i procedurer hos Aarhus Vand og VandCenter Syd, der anvendes i forbindelse med design af ventilationssystemer på vandværker, og beskriver endvidere praksis for sikring af procesluft.

Guidelinen behandler følgende typer ventilationssystemer:

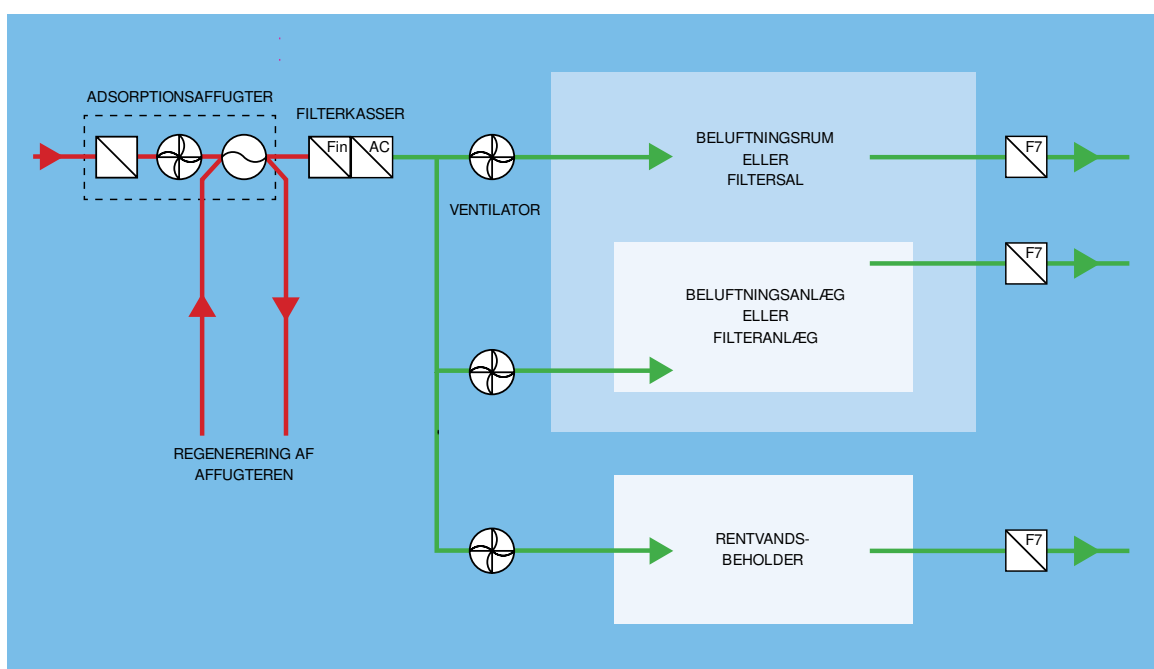
- Ventilation ved iltning
- Ventilation i filtersal ved åbne filtre
- Ventilation i rentvandsbeholdere
- Sikring af skylleluft
- Affugtning

Andre elementer, som kan være afgørende for valg af løsning (f.eks. så som energiforbrug, arbejdsmiljø osv.) er ikke vurderet/behandlet i denne guideline. Disse elementer er selvfølgelig også vigtige og bør indgå som en del af beslutningsgrundlaget ved valg af endelig løsning. Fokus i guidelinen er primært trusselsbilledet fra luftbåren forurening og foranstaltninger til sikring af drikkevandet under ventilationsprocesserne på vandværket.

3. Konceptbeskrivelser for ventilationssystemer

I den traditionelle danske vandproduktion beluftes råvand med atmosfærisk luft, f.eks. ved brug af iltningstrappe eller ved indblæsning af luft. Ydermere kommer det behandlede råvand (drikkevand) i kontakt med luft i beholderanlæg (fx rentvandsbeholdere), hvor luft anvendes til trykdulning ved varierende vandstand i beholderen (Figur 1).

De nedenstående afsnit beskriver nyere koncepter for beluftning, trykdulning og rumventilation i drikkevandsproduktionen, med DDS for øje. Beskrivelserne er baseret på løsninger, som er implementeret og idriftsat hos Vandcenter Syd og Aarhus Vand, og er således eksempler på faktiske løsninger. Forholdsregler i forhold til forurening af drikkevandet fra luftbåren forurening kan løses på andre tekniske måder og med andre ambitionsniveauer afhængigt af risikovurderingerne i den enkelte vandforsynings arbejde med DDS.



Figur 1: Principskitse for filtrering af atmosfærisk luft anvendt i vandbehandlingen på vandværk samt i rentvandsbeholder.

Det vigtigste er dog, at designet tænkes grundigt igennem inden etableringsfasen, da risiko for by-pass af de filtrerede luftstrømme bestemt er til stede. I forhold til principskitsen (figur 1) skal det bemærkes, at adsorptionsaffugteren muligvis kan undværes, idet luftfugtigheden vurderes at være uden reel betydning for effektiviteten på kulfilteret, så længe den relative luftfugtighed er under 70%, jf. [4].

Ventilationen i rum kan udføres med ventileret over- eller undertryk. I praksis kan det være problematisk at lave overtryk i rum i gamle, murede vandværksbygninger, da fugten fra rummet herved presses ud i murværket, hvorved der er risiko for frostsprængninger i murværket om vinteren. I værste fald kan dette resultere i, at murværket ødelægges. En alternativ løsning kan være at opbygge ventilationen af disse rum med undertryk, hvor luften i stedet trækkes ind i rummet med ventilator via ventilationsriste med filtre og også suges ud via ventilatorer. Det er vigtigt, at modstanden over indsugningsfiltret er lille, så luften ikke suges via andre sprækker i bygning eller vinduer/døre. Der bør desuden benyttes fødevareregodkendt

motorolie i blæsere af hensyn til risikoen for utætte pakninger og deraf følgende risiko for olierampe i luften. Mindre blæsere, som kører uden olie kan benyttes, når trykforskelle og flow gennem filteret er lave.

Blæseren skal suge luft fra rør (luftindtag) og ikke fra rummet. Dette er primært på grund af affugtning, men også for at undgå en mulig røgforurening ved eventuel havari på motor/blæser.

Normalt udføres ventilationsrør for fugtig luft i rustfrit stål, og ventilatorer udføres i korrosionsbestandigt plastmateriale.

3.1 Ventilation ved iltning

Traditionelt er ventilationen i rum med iltningstrappe blevet udført med naturlig ventilation via ventilationsriste med finmaskede gitterfiltre.

Ventilationen i rum med iltningstrapper kan udføres med ventileret over- eller undertryk. En overtryksløsning kunne f.eks. være at belufte råvandet i iltningsspor ved indblæsning af luft ved bundbeluftning og udsugning over vandoverfladen. Iltningssporene udføres med et minimum af luftvolumen over vandoverfladen, hvorved der skal ventileres et begrænset volumen. Rent praktisk udføres iltningssporene med en lufttæt overdækning. Der udsuges således luft under filteroverdækningerne. Luftfiltre og evt. kulfilter monteres ved blæserne (luftindtaget), som leverer luften til bundbeluftningen.

3.2 Ventilation i filtersal

Ventilationssystemerne på vandværker med åbne vandbehandlingsfiltre har primært til formål at sikre nedenstående fire forhold:

- at al luft i kontakt med drikkevandet er filtreret
- at udsugning i filtersalen, sikrer mod fugtig luft i rummet (og dermed bygningsskader)
- at rum med åbne vandoverflader udføres som overtryksrum, hvor affugtning igen er vigtig af hensyn til bygningsmasse og hygiejne
- at luft i kontakt med kolde overflader i rørgange og maskinsale er affugtet til en grad, der sikrer mod kondens

I dag er vandbehandlingsfiltrene ofte overdækkede eller lukkede filtre. Overdækningen kan bestå i hængslede lemme eller i rulledege over vandbehandlingsfiltrene. Der udsuges således luft under filteroverdækningerne. Dimensioneringsmæssigt regnes med 3 mm luftspalte langs overdækningens periferi, samt midt på ved hængslede filterlåg, og der regnes med en nedadrettet lufthastighed på >1 m/s. Luften strømmer altså fra filtersalen og ned under filteroverdækningen så overbelastning af udsugningsventilatoren afværges.

I forbindelse med filterskylning kan de ekstra luftmængder håndteres ved, at filteroverdækningerne automatisk åbnes når filterskylning pågår. Udsugningerne fra de enkelte filtre udføres med reguleringsspjæld, der finjusteres ved idriftsætning.

Udsugning i forbindelse med filterskylning, kan også løses med en to-trins ventilator med stor kapacitet ved returskylning af filteret. Dermed kan overdækningen bibeholdes og fugt til filtersalen undgås.

Som supplement til udsugningsventilatoren, som suger luften væk fra filtrene, etableres endvidere en større indblæsningsventilator, der sikrer en jævn luftfordeling i filtersalen. Både indblæsning og udsugning er hastighedsregulerbare således, at det ved idriftsætning kan sikres at følgende to forhold er tilgodeset:

- Filtersalen er et overtryksrum.
- Langs filtertildækningernes periferi skal den nedadrettede lufthastighed være mindst 1 m/s overalt. Dette kan kontrolleres ved måling med et varmetrådsanemometer.

Det er vigtigt at sikre mod indtrængning af luft fra skyllevandssystemet med kontraklap eller kontraventil samt undgå luftindtrængning fra øvrige revner og sprækker, se under affugtning.

3.3 Ventilation i rentvandsbeholdere

Traditionelt er ventilation (trykudligning) i rentvandsbeholdere foregået ved "naturlig" ventilation, hvor der sker et luftskifte, når vandstanden stiger og falder.

Ventilationen (trykudligningen) til rentvandsbeholderen kan udføres således, at der udveksles luft frit med filtersalen, hvilket dog kan give relativt fugtig luft i filtersalen. Herved sikres dels, at luft, som kommer i kontakt med vandet i rentvandsbeholderen er filtreret og dels, at der også er et svagt overtryk i rentvandsbeholderen. Denne luftudligningsforbindelse mellem filtersal og rentvandsbeholder bør udføres, så den er sikret mod terrorhandlinger, dvs. ad jorddækket rørforbindelse eller ad et rør-i-rør, hvorimellem der er støbt flydebeton.

Det er også muligt at etablere overtryk direkte i rentvandsbeholderen, så der sikres et konstant overtryk både når beholderen tømmes og fyldes. Luftvolumen over vandoverfladen udskiftes 2 gange i timen ved brug af ventilator. For at sikre renheden af ventilationsluften filtreres den i overensstemmelse med kravene i vandforsyningsens DDS. Et eksempel fra Truelsbjergværket i Aarhus på en overtryksløsning i rentvandsbeholderen er vist i appendikset.

3.4 Sikring af skylleluft

Skylleluft anvendes i forbindelse med at filtermaterialerne returskylles. Luftindtaget til skylleluftblæseren tages fra et sikret luftindtag via et rørsystem med filter, for at beskytte drikkevandet mod en luftbåren forurening. Luftindtag til både skylleluft, iltningluft og ventilering af rentvandsbeholder kan være indbygget i samme sikrede system.

Alternativt hentes indsugningsluften til luftskyllesystemet ofte blot fra filtersalen eller fra et andet rum, hvor ventilationsluften er sikret. Risikoen ved at anvende rumluft er, at der kan ske en intern forurening fra rummet eller personer, som kan medvirke til forurening af drikkevandet.

3.5 Affugtning

Affugtning skal ske i de lokaler, hvor der er kolde overflader, og hvor vanddamp i givet fald vil kunne kondensere. Der er derfor typisk behov for affugtning i rum med ståltanke, rørgange og maskinsale med pumper. Affugtningen skal sikre luftcirkulation gennem lokalerne langs de kolde overflader. Der styres oftest efter dugpunktsregulator på 5-7 % om vinteren og efter relativ luftfugtighed på 50 % om sommeren eller mere simpelt efter relativ fugtighed med et hygrostætspunkt på 50-55 %.

Luftudskiftning eller utætheder ved vægge, vinduer eller døre i de affugtede rum er uønsket af hensyn til energiforbrug. Det skal derfor sikres, at der ikke forekommer utætheder, og at gulvafløb er sikret mod udtørring og fordampning fx med 3 dl glycerin. Endvidere skal alle døre være forsynet med gummifuget karm og med effektiv gummitætningsliste langs dørfals. Døre uden bundstykke, bør have monteret en særlig anordning for at sikre, at dørene slutter tæt mod gulvet i lukket position.

Kompressoraffugtere har vist sig at have en dårlig virkningsgrad ved drift under temperaturer på 15 °C, hvorfor der normalt anvendes absorptionslufttørre (også kaldet tørrotor lufttørre) da de har en højere virkningsgrad ved lave temperaturer. Affugtere er forsynet med et luftfilter på luftstrømmen til procesluften. Silikatet som affugter procesluften skal regenereres. Regenereringen sker ved, at en sekundær luftstrøm opvarmes og blæses gennem silikatpladen. Der er ikke luftfilter på den sekundære luftstrøm, hvorfor filtrene, skal monteres efter affugteren. Herved sikres mod krydskontaminering på silikatpladen via affugteren.

3.6 Generelle overvejelser om luftfiltre

I forlængelse af vurderingen af forureningsrisiko er der set på barrierer mod forureningstruslen i form af filtrering af den luft, som anvendes i drikkevandsproduktionen.

Der findes en lang række luftfiltre på markedet som inddeles i filterklasser på basis af filtreringsevne. Som udgangspunkt for valg af filterklasse benyttes standarderne DS/EN 779 og DS/EN 1822 samt CCFRA GUIDELINE NO. 12 – Guidelines on air quality standards within the food industry, [8-10].

Standarden DS/EN 779 klassificerer og beskriver hvordan grov-, medium- og finfiltre testes. Kort fortalt består testmetoden - og dermed klassificeringen - af to centrale begreber: gennemsnits-arrestance og gennemsnits-effektivitet. Gennemsnits-arrestancen angiver, hvor stor en del af det grove støv, der filtreres. Hvis der f.eks. tilføres 100 gram støv, og 80 gram opfanges på filteret, er gennemsnits-arrestancen 80%. Gennemsnits-effektiviteten udtrykker, hvor effektivt filtret tilbageholder fine partikler (0,4 μm - 1,0 μm).

Standarden DS/EN 1822 angiver klassificering og testmetode, gældende for højeffektive filtre (EPA-, HEPA- og ULPA-filtre). Klassificeringen og testmetoden for disse filtre består i hovedtræk af følgende:

- Trykfald over filteret ved nominelt volumen flow.
- Filterets samlede effektivitet for partikelstørrelsen med den største gennemtrængelighed (MPPS = Most Penetrating Particle Size) ved nominelt flow.
- Filterets lokale effektivitet for partikelstørrelsen med største gennemtrængelighed (MPPS) ved nominelt flow.
- Ingen lækager (revner/svage områder) for HEPA-filtre H13 og bedre (højere effektivitet).

De højeffektive luftfiltre testes og klassificeres på basis af, hvor effektive luftfiltrene er til at tilbageholde Most Penetrating Particle Size, MPPS, fra en veldefineret sammensat mængde af partikler i forskellige størrelse. Effektiviteten angives i forhold til den partikelstørrelse, hvor flest partikler er sluppet igennem luftfilteret under testen. I Tabel 1 gives en oversigt over sammenhæng mellem filtertype, størrelse på tilbageholdte partikler og typisk anvendelse for filtertypen.

Filterklasse DS/EN 779:2012	Gennemsnits-arrestance for syntetisk støv (A_m) [%]	Eksempel på partikler	Diameter
G1	$A_m < 65$	Hår, tøj fnuller	20-200 μm
G2	$65 < A_m < 80$	Våd maling, sand, blade, fedt, dråber	10-100 μm
G3	$80 < A_m < 90$	Dråber, flyvende jord, synligt støv	10-100 μm
G4	$90 < A_m$	Synligt støv	10-100 μm
Filterklasse DS/EN 779:2012	Gennemsnits-effektivitet (E_m) for 0,4 μm partikler [%]	Eksempel på partikler	Diameter
M5	$40 < E_m < 60$	Pollen (hele), synligt støv	10-100 μm
M6	$60 < E_m < 80$	Sporer	10-25 μm
F7	$80 < E_m < 90$	Tonerpartikler, forbrændingspartikler, lungeskadende partikler, allergener	5-20 μm
F8	$90 < E_m < 95$	Bakterier, skimmel, svampesporer	0,1 μm -
F9	$95 < E_m$	Bakterier, skimmel, svampesporer	0,1 μm -
Filterklasse DS/EN 1822:2009	Effektivitet MPPS	Eksempel på partikler	Diameter
E10	$85 < h$	Tonerpartikler	5-20 μm
E11	$95 < h$	Oilerøg	0,3-5 μm
E12	$99,5 < h$	Bakterier	0,2-25 μm
H13	$99,95 < h$	Tobaksrøg, asbest, skimmel	0,01-1 μm
H14	$99,995 < h$	Vira, mest brugte filterklasse	0,01-1 μm
Filterklasse DS/EN 1822:2009	Effektivitet MPPS	Eksempel på partikler	Diameter
U15	$99,9995 < h$	Vira	0,01-1 μm
U16	$99,99995 < h$	Vira	0,002-0,05 μm
U17	$99,999995 < h$	Ekstreme krav til filtrering, renhed	

Tabel 1: Fordeling af filtertyper med tilhørende standard, størrelse på partikler der tilbageholdes og typiske industrielle anvendelser [1-3]. G: grov; M: mellem; F: fin; E: EPA; H: HEPA; U: ULPA.

Fordelen ved at opsætte luftfiltre er, at al luft bliver behandlet og partikler tilbageholdes i henhold til effektiviteten på filteret.

Luftfiltrene i Tabel 1 ovenfor betegnet ved F7, F8 og F9 tilhører filterklassen fin-filtre (F).

Med et luftfilter af typen F, vil pollen og afdriftsdråber fra marksprøjtning blive tilbageholdt. Et F7 filter har en gennemsnitseffektivitet E_m for 0,4 μm partikler på mellem 80 % og 90 %. Det kan derfor antages, at en meget stor del af partikler over 2 μm , svarende til sodpartikler, pollen mv. vil blive tilbageholdt af et F7 filter.

Ønskes der en højere effektivitet indenfor DS/EN 779 standarden, kan der vælges F8 eller F9 filtre. F9 har en gennemsnitseffektivitet E_m for 0,4 μm partikler på mere 95 %.

Er der ønske om at filtrere for endnu finere partikler, så skal luftfiltre som hører under standarden DS/EN 1822 tages i anvendelse. De højeffektive filtre betegnes som EPA, HEPA og ULPA, og inddeles yderligere i klasserne E10, E11, E12 (EPA), H13, H14 (HEPA), U15, U16 og U17 (ULPA). Hvis der vælges et højeffektivt luftfilter (fx HEPA eller ULPA) vil fraktionen af de største røgpartikler kunne fjernes.

Ved anvendelse af højeffektive luftfiltre skal der desuden etableres ét eller flere forfiltre for at skåne eksempelvis HEPA filteret. Sammenlignet med et F-filter kræver HEPA filtre væsentligt hyppigere udskiftning.

Ønskes der filtreret for gasser (inkl. afdampet pesticid), skal der anvendes aktiv kulfiltrering. Oftest anvendes der forfiltre til filterklasserne F, EPA, HEPA og ULPA, da levetiden for filteret herved forlænges. Eksempelvis sættes der ofte et M5 filter som forfilter til F7-F9.

Ventilationsanlæg dimensioneres oftest til et initialdifferenstryk over filtret på 50 mBar, der afhængigt af filterklassen, vil stige til mellem 250 og 450 mBar i løbet af filterets driftstid. En membrandidifferenstrykspresostat vil derfor afgive alarm til SCADA systemet, når filterets driftstid er ved at være udløbet (=modstanden i filtret for stor). Erfaringsmæssigt bliver filterposerne typisk udskiftet årligt, hvilket for vandværker i landområder normalt vil være længe inden differenstrykket kommer op på 250 mBar.

Endelig bør det overvejes, hvornår på året/hvilke årstider filtrene mest hensigtsmæssigt udskiftes. Eksempelvis kan det være en god ide at udskifte filtre umiddelbart efter pollen højsæsonen, da effektiviteten på filteret på dette tidspunkt må formodes at være lavest (højt differenstryk).

4. Sammenfatning og resultater fra WP6

Anbefalingerne til beluftning og trykudligning i denne guideline forholder sig udelukkende til, hvilken form for filtrering af den anvendte atmosfæriske luft, der kan yde det ønskede sikringsniveau for drikkevandsproduktionen. Anbefalingerne er givet med udgangspunkt i vidensgenereringen og risikovurderingen af de tre potentielle forureningskomponenter: pollen, pesticider og røg i WP6, *Reduktion af forureningsrisiko fra atmosfærisk luft*, jf. Forordet til guidelinen.

Ud over pollen, pesticider og røg er der i WP6 lavet en overordnet risikovurdering for følgende potentielle forureningskomponenter:

- Gyllespredning (bakterier og ammoniak)
- Gødsning (flydende ammoniak og flydende NPK-gødning)
- Markafbrændning (dårlig smag og lugt)
- Trafik (gasser og partikler)
- Luftafkast fra virksomheder (gasser og partikler)
- Privat afbrænding (ukontrollerede afbrændinger)

De potentielle forureningskomponenter er risiko- og sandsynlighedsvurderet ved en workshop med deltagelse af Aarhus Kommune Natur og Miljø, Aarhus Centre for Analytical Chemistry – Atmosphere and Climate, AffaldVarme Aarhus, DTU Miljø, Silhorko, Vandcenter Syd og Aarhus Vand.

I Tabel 2 (på næste side) er workshoppens resultater sammenstillet, dog med undtagelse af pollen, pesticider og røg.

Parameter	Forureningskomponent	Risikovurdering	Sandsynlighedsvurdering
Gylleudbringelse	Bakterier og ammoniak.	Med moderne teknikker bliver gyllen ikke længere slynget ud, men ledes direkte ned i jorden.	Det blev vurderet, at risikoen for luftbårne bakterier er lille og at ammoniak ikke var en bekymring grundet udbringningsmetoden.
Flydende ammoniak og NPK-gødning	Ammoniak.	Flydende ammoniak nedfældes under udbringelsen og udgør endvidere en meget lille del af den samlede mængde N som anvendes til gødskning.	Det blev vurderet, at ammoniak ikke var en bekymring grundet udbringningsmetoden.
Markafbrænding	Mulig årsag til dårlig smag og lugt.	Det er usikkert, hvilke stoffer i røg, der forårsager afsætning af smag og lugt.	Det er begrænset, hvor meget, der er lovligt, og der skal fokuseres mere på ulykker, som eksempelvis brand i oplag af halm.
Trafik	Gasser og partikler, herunder nanopartikler.	Der er meget stor lokal forskel i eksponeringen i.f.t. trafikforurening. Fanehøjden spiller en stor rolle for udbredelsen af trafikforurening [11].	Umiddelbart vurderes trafik ikke til at være en general bekymrende faktor, dog bør der lokalt tages hensyn til placeringen af luftindtaget i.f.t. trafik.
Privat afbrænding	Ukontrollerede afbrændinger kan afgive skadelige stoffer til luften. Listen over mulige stoffer er lang og afhænger af brændslet.	Det er en meget svær kilde at håndtere, da den ulovlige afbrænding kan være af meget forskellig karakter.	Den diffuse afgrænsning af privat ulovlig afbrænding gør forureningen svær at beregne eller teste.

Tabel 2: Risiko- og sandsynlighedsvurdering for diverse forureningskomponenter fra workshop.

Ovenstående opsummering af risiko- og sandsynlighedsvurdering kan ikke betragtes som fyldestgørende for de listede parametre. Det enkelte vandværk/forsyning bør derfor overveje, om de anførte konklusioner kan imødekomme de specifikke forhold, som er gældende for det pågældende vandværk.

Tyskland har udarbejdet en norm for filtrering af luft anvendt i vandværker [5] og [7], hvori det anbefales at anvende filtre af typen fin (F7-F9) suppleret med et forfilter af typen M5. Endvidere angives det i normen, at HEPA-filtre som regel ikke anvendes i vandforsyninger.

Fødevarerindustrien i Danmark anvender HEPA- og ULPA-filtre [1] til sikring mod luftbåren forurening i produktionen.

4.1 Pollen

Pollen vil kunne give anledning til æstetiske gener i drikkevand. Derudover vil pollen med al sandsynlighed bære på bakterier, som kan overføres til drikkevandet. Pollen består hovedsagelig af proteiner, kulhydrater, enzymer, fedtsyrer, mineraler og vitaminer, og vil derved endvidere kunne udgøre en kilde af organisk stof til bakterievækst, og derved give anledning til et øget eftervækstpotentiale. Vand, der ikke giver anledning til

betydelig eftervækst, betegnes biologisk stabilt – som tommelfingerregel betegnes vand som biologisk stabilt ved et indhold af assimilerbart organisk carbon (AOC) på under 10 µg-C/liter.

En risikovurdering [1] blev baseret på en worst-case situation, hvor der regnes med et luft:vand forhold på 100:1, svarende til Inka-beluftning, altså en meget kraftig beluftning. De fleste vandforsyninger benytter andre typer beluftning med et luft:vand forhold på mellem 0,3:1 til 1:1. For trykudligning i rentvandsbeholdere, er der antaget en minimumsfyldning på 1 m i en 11 m høj og 1000 m³ beholder. Endvidere antages det, at alt pollen afsættes og opblandes fuldstændigt i vandet samt, at pollenindholdet i luften er mængden målt i et rekordår, altså højeste målte koncentration nogensinde. Det er antaget, at pollens masse består af 50% assimilerbart organisk carbon. For en nærmere beskrivelse af antagelserne for risikovurderingen henvises til [1].

Risikovurderingen og filteranbefaling er angivet nedenfor i Tabel 3.

Forureningskomponent	Risikovurdering	Filtervalg
Pollen Øget eftervækstpotentiale	6,3 ¹⁾ µg-C/liter vil kunne tilføres ved Inka-beluftning. 0,6 µg-C/liter vil kunne tilføres rentvandsbeholderen ved tømning til minimumsfyldning.	Langt de fleste pollentyper vil kunne tilbageholdes af et M5-filter. Ved brug af F7-filter vil selv langt størstedelen af de mindste pollen med diameter ned til 2,4 µm tilbageholdes.
Pollen Introduktion af bakterier (kimal)	Det var ikke muligt at identificere referencer, som belyser bakteriekoncentrationen på pollen under danske forhold, som kunne relateres til guideline kimalsværdier i drikkevand. Dog vil pollen med al sandsynlighed kunne bære bakterier der kan afsættes i drikkevandet.	

¹⁾ For de fleste vandforsyninger i Danmark vil værdien være cirka en faktor 100 lavere på grund af det lavere luft:vand forhold anvendt ved andre typer beluftning.

Tabel 3: Risikovurdering og filteranbefaling for pollen som forureningskomponent. Antagelser for risikovurdering i /1/.

4.2 Pesticider

Luftbåren pesticidforurening transporteres overordnet set på to måder: via afdampning eller afdrift. Når der sprøjtes med pesticider, vil der undgåeligt være dråber fra sprøjtedyserne, som ikke afsættes på plantedele eller på jorden. Dråber, der transporteres via vinden, kaldes afdrift. Fra dråberne, der afsættes på plantedele eller jord, vil der ske en afdampning af pesticid, som ligeledes kan transporteres via vinden.

I forhold til afdrift af pesticiderne er de meste betydende parametre i forbindelse med risikovurderingen hhv. dysetypen og vindforholdene. Dysetypen giver dråbestørrelsen, mens vindforholdene har indflydelse på transporten af dråberne.

For afdampningens vedkommende er det pesticidets fysiske og kemiske egenskaber samt karakteristika af den overflade, som pesticidet bliver afsat på, der er mest betydende for afdampningens størrelse. Meteorologiske parametre har dog også en væsentlig indflydelse på størrelsen af afdampningen.

Afdrift af pesticider vil først og fremmest optræde umiddelbart efter sprøjtningen, mens fordampning kan foregå over længere perioder, efter sprøjtningen, men dog med aftagende afdampning over tid.

En risikovurdering [2] blev baseret på en worst-case situation, hvor der regnes med et luft:vand forhold på 100:1, svarende til Inka-beluftning. For trykudligning i rentvandsbeholdere, er der antaget en minimumsfyldning på 1 m i en 11 m høj og 1000 m³ beholder. Vurderingen blev baseret på fem udvalgte modelstoffer.

De væsentligste antagelser i risikovurderingen for pesticiderne:

- Højeste anvendte standarddosering for modelstofferne.
- Vindhastighed på 4 m/s under sprøjtning.
- Ligevægt indstilles øjeblikkeligt for stofkoncentration imellem jord, vand og luft (fugacitetsmodel).
- Fuldstændig opblanding i 4 meter over jordniveau, inden yderlige luftopblanding, hverken horisontalt eller vertikalt.

For en nærmere beskrivelse af antagelserne for risikovurderingen henvises til [2].
Risikovurderingen og filteranbefaling er angivet i Tabel 4 på næste side.

Forureningskomponent	Risikovurdering	Filtervalg
<p>Vanddråber indeholdende pesticid.</p> <p>Pesticid på dampform.</p> <p>Fem udvalgte pesticider fra bekæmpelsesmiddelstatistikken udgør pesticidmodelstofferne i risikovurderingen¹⁾.</p>	<p><u>Afdrift:</u> For ingen af de fem modelstoffer vil kvalitetskravet for drikkevand være overskredet, hverken ved beluftning eller ved trykudligning.</p> <p><u>Afdampning:</u> Under Inka-beluftning overskrides²⁾ kvalitetskravet i drikkevand for to af modelstofferne (Prosulfocarb 0,16 µg/L og Pendimethalin 1,7 µg/L).</p> <p>Ved trykudligning i rentvandsbeholderen ved tømning til minimumsfyldning overskrides kvalitetskravet for ét af modelstofferne (Pendimethalin 0,17 µg/L).</p> <p>De beregnede koncentrationer repræsenterer en absolut worst case-koncentration, som endvidere skal ses i relation til at overskridelserne:</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ kun vil forekomme, når der sprøjtes (enkelte dage om året) ○ kun vil forekomme i en kort periode ○ kun når der sprøjtes med det pågældende pesticid (eller pesticid med tilsvarende kombination af fysisk-kemiske egenskaber og doseringsdosis), hvilket afhænger af afgrøden (måske kun en enkelt gang om året), og samme afgrøde dyrkes måske kun med års mellemrum ○ kun når vinden ikke har retning væk fra vandværket 	<p>Et F-filter vil ikke kunne tilbageholde pesticiddampe (medmindre pesticiderne adsorberer til filtermaterialet). Ønskes pesticiddampene tilbageholdt, vil det være nødvendigt at anvende kulfiltre, men på baggrund af risikovurderingen vil det være en meget vidtgående forsigtighedsforanstaltning at indføre.</p>

¹⁾ Cypermethrin (CAS nr.: 52315-07-8), Prosulfocarb (CAS nr.: 52888-80-9), Pendimethalin (CAS nr.: 40487-42-1), Glyphosat (CAS nr.: 1071-83-6), Epoxiconazol (CAS nr.: 133855-98-8/135319-73-2).

²⁾ Ved beluftning med et luft:vand forhold på 1:1, som vil være det maksimale forhold for de fleste danske vandværker, overstiger ingen af de beregnede værdier kvalitetskravet for drikkevand.

Tabel 4: Risikovurdering og filteranbefaling for pesticid som forureningskomponent. Antagelser for risikovurdering i /2/.

I forbindelse med en drikkevandskontrol på afgangsrøret fra vandværket er det dog værd at bemærke, at en prøve taget på det rigtige tidspunkt vil kunne lede til påvisning af pesticider i vandværkets producerede vand, selvom de benyttede borer ikke indeholder pesticider. Detekteres således uventet pesticider i det producerede vand, kunne det være værd at undersøge om, der er sprøjtet på en mark i umiddelbar nærhed af vandværket, lige omkring prøvetagningen.

4.3 Røg

Potentielt kan alle former for brand og afbrænding være problematiske for drikkevandskvaliteten. Røg vil altid indeholde carbonmonooxid, carbondioxid og partikler. Mængden og størrelsen af partiklerne samt koncentrationen af de kemiske stoffer i røgen afhænger af det brændende materiale, tilstedeværelse af ilt og temperaturen i branden.

Forbrændingsanlæg, hvor røg behandles gennem scrubber-anlæg, udgør en forsvindende lille risiko.

Det er i [3] vurderet, at den største risiko for et vandværk i forbindelse med røg fra brande vil være røgens indhold af tungmetaller og dioxin. Risikovurdering er udelukkende foretaget for disse to forureningsgrupper.

Risikovurderingen og filteranbefaling er angivet i Tabel 5.

Forureningskomponent	Risikovurdering	Filtervalg
Kun tungmetaller og dioxiner er vurderet. Tungmetaller bindes til partikler i røgen. Dioxinerne bindes primært til de fine partikler i røgen, og har ringe vandopløselighed. Ofte opereres der med 2 opdelinger af partikler i røg: mindre end 2,5 µm (PM _{2,5}) og mindre end 10 µm (PM ₁₀).	Der kan ikke siges noget generelt om partikelsammensætning under beredskabsbrande. Påvirkning af drikkevand med tungmetaller og dioxiner kan hindres/mindskes ved at fjerne partikler fra luften. Kortvarig dioxin-påvirkning af vandproduktionen via helt fine partikler vil formentlig ikke udgøre en sundhedsrisiko.	Klasserne F7, F8 og F9 vil kunne tilbageholde langt størstedelen af partikelstørrelserne fra brand. Ønskes gasser i røgen fjernet skal der anvendes kulfilter. Forsyningen bør for det enkelte vandværk vurdere risikoen for brand med skadelig røg i nærområdet og på baggrund heraf foretage sikkerhedsforanstaltninger.

Tabel 5: Risikovurdering og filteranbefaling for røg som forureningskomponent. Antagelser for risikovurdering i /3/.

Som tidligere nævnt er rækken af kemiske stoffer, der kan dannes ved brand, afhængig af materialet som brænder, mængden af tilstedeværende ilt og temperaturen i branden, men som regel vil der dannes svovloxider (SO_x) og nitrogenoxider (NO_x). Disse parametre kan monitoreres med en røgmelder, så vandforsyningen kan få en alarm ved brand i nabolaget. Herved bliver det muligt for vandforsyningen at lave/have et beredskab i tilfælde af brand i nabolaget.

Endvidere kan vandforsyningen overveje at bede den kommunale beredskabsmyndighed om, at vandforsyningen adviseres i tilfælde af brand.

5. Anbefalinger

Som udgangspunkt bør vandforsyningen betragte anvendelse af atmosfærisk luft i sin produktion på lige fod med alle øvrige komponenter/produkter, der kommer i berøring med drikkevandet, i ledelsessystemet vedr. Dokumenteret DrikkevandsSikkerhed (HACCP). Det betyder, at der skal laves en risikovurdering, hvor sandsynlighed og konsekvens vedr. en given hændelse skal vurderes, og på baggrund heraf træffes de nødvendige foranstaltninger i forhold til forsyningens sikkerhedsniveau.

Risikovurderingen skal udføres for det enkelte vandværk, da omgivelserne til det enkelte anlæg kan have en afgørende betydning.

Anbefalingerne nedenfor er opbygget i tre niveauer, Tabel 6. Anbefalingsniveau 1 (grønt i DDS-vejledningen, HACCP) kræver en grundig og veldokumenteret risikovurdering, hvor sandsynlighed og konsekvens begge fremstår som lavt vurderet.

Anbefalingsniveau 2 bygger også på risikovurderingen, men hvor det har ikke været muligt at få en fyldestgørende og veldokumenteret risikovurdering på plads eller hvor risikovurderingen har vist lavere trusselsbillede (gult i DDS-vejledningen, HACCP).

Det tredje og sidste niveau, anbefalingsniveau 3, er baseret på et højt trusselsbillede (rødt i DDS-vejledningen, HACCP) eller en mangelfuld risikovurdering eller en kraftig beluftning, eksempelvis Inka-beluftning.

Anbefalingsniveau	Anbefaling
1.	Gennemfør relevante risikovurderinger og gennemfør DDS-styring i forhold til disse.
2.	Gennemfør relevante risikovurderinger og vælg filterklasse, f.eks. M5 eller op efter, og gennemfør DDS-styring i forhold til disse. Overvej placeringen af luftindtag i forhold til trafik. Fanehøjde spiller en afgørende rolle for eksponering. Etablér eventuelt overvågning med on-line SCADA røggas sensor (NO _x /SO _x), som forureningsalarm eller overvågning for brand.
3.	Gennemfør relevante risikovurderinger og vælg filterklasse, f.eks. F7 og aktiv kulfiltrering, og gennemfør DDS-styring i forhold til disse. Etablér eventuelt en fast barriersikring ved Finfilter og Aktiv kulfiltrering. Al luft inden for vandværkets mure behandles via aktiv kulfiltrering.

Tabel 6: Anbefalinger for håndtering af atmosfærisk luft i vandbehandlingsprocessen.

Som supplement til ovenstående anbefalinger kan vandforsyningen overveje at bede den kommunale beredskabsmyndighed om, at vandforsyningen adviseres i tilfælde af brand.

Som en del af vandforsyningens beredskab bør det vurderes, om vandværket kan lukkes ned i tilfælde af alvorlig luftforurening eller om vandværket leverer vand til brandslukning.

Referencer

- [1] Ryssel, S., Corfitzen, C.B., Albrechtsen, H.J.: *Pollen*. Fremtidens drikkevandsforsyning. WP6 reduktion af forureningsrisiko fra atmosfærisk luft. DTU Notat. December 2015.
- [2] Ryssel, S., Corfitzen, C.B., Albrechtsen, H.J.: *Vurdering af pesticidkoncentration i drikkevand ved sprøjtning af mark nær vandværk*. Fremtidens drikkevandsforsyning. WP6 reduktion af forureningsrisiko fra atmosfærisk luft. DTU Notat. December 2015.
- [3] Ryssel, S., Corfitzen, C.B., Albrechtsen, H.J.: *Partikler og kemiske forbindelser i røg*. Fremtidens drikkevandsforsyning. WP6 reduktion af forureningsrisiko fra atmosfærisk luft. DTU Notat. December 2015.
- [4] FORCE Technology, Energi & Miljø: *Filtre med begrænset levetid*. Miljøstyrelsens Referencelaboratorium for måling af emissioner til luften. Rapport nr. 51, 2008.
- [5] DVGW Regelwerk: *Entfeuchtung, Lüftung, Heizung in Wasserwerken*. Technische Mitteilung. Merkblatt W621. 10/93.
- [6] Ryssel, S.: *Opsamling af workshop – afholdt hos Aarhus Vand den 14. maj 2014*. Notat.
- [7] DVGW Regelwerk: *Gasaustauschapparate in der Trinkwasseraufbereitung*. Technische Regel - Arbeitsblatt. DVGW W 650 (A). April 2012.
- [8] CCFRA GUIDELINE NO. 12 – Guidelines on air quality standards within the food industry.
- [9] DS/EN 779:2012. Partikelluftfiltre til generel ventilation – Bestemmelse af filtreringsegenskaber.
- [10] DS/EN 1822-1:2009 Højeffektive luftfiltre (EPA, HEPA og ULPA) - Del 1: Klassifikation, ydeevneprøvning, mærkning.
- [11] Teknologiudviklingsprogrammet for jord- og grundvandsforurening: *Diffus jordforurening og trafik. Delrapport 3*. Miljøprojekt Nr. 913, 2004.

Bilag 1: Formidling

Tidsplan / frist	Aktivitet
16. september	Udsendelse af PM fra Miljøstyrelsen
16. september	Udsendelse af fælles PM
17. september	Interview til Altinget
19. september	Aflevering af input til kort notits i 'Dansk Miljøteknologi'
20. september	Aflevering af kort notits til VTUFs klumme i DanskVANDs oktobernummer samt kort artikel på baggrund af Miljøstyrelsens PM
27. september	Aflevering af artikel til White paper om vandforsyning (Rethink Water)
7. november	Aflevering af input til emner på DANVAs Forsyningstræf hhv. 10. og 12. marts
21. november	Indlæg på generalforsamling i IWA danske nationalkomite
2014	
30. januar	Indlæg på Danish Water Research and Innovation Platform
13. marts	Indlæg på netværksmøde i Danish Water Technology Group
29. april	Præsentation af fyrtårnsprojektet på DWF temamøde hos GEUS
5. – 9. maj	Præsentation af fyrtårnsprojektet på den danske pavillon ved IFAT messe i München
2. – 4. juni	Præsentation af fyrtårnsprojektet på Nordisk Drikkevandskonference i Helsinki
11. september	Præsentation af fyrtårnsprojektet ved Fremtidens Vand konference i København
21. – 26. september	Præsentation af fyrtårnsprojektet ved IWA World Water Congress and Exhibition i Lissabon
18. – 19. november	Præsentation af fyrtårnsprojektet på DANVAs Dansk Vandkonference
2015	
3. – 6. november	Præsentation af Future Water produkter på den danske pavillon ved Aquatech i Amsterdam
17. – 18. november	Præsentation af fyrtårnsprojektet på DANVAs Dansk Vandkonference
2016	
27. februar	Udfærdigelse af DANVA guideline til koncept og udførelse af ventilationssystemer for vandværker

Bilag 2: English version

FutureWater

GUIDELINE FOR DANISH WATERWORKS

The use of atmospheric air for the purpose of aeration and pressure equalisation in the production of drinking water

Developed by the project team under WP6, *Reduction of risk of contamination from atmospheric air (Reduktion af forureningsrisiko fra atmosfærisk luft)*. WP6 is a sub-project of the development and demonstration project "Water supply of the future" (*Fremtidens drikkevandsforsyning*). The project that has received funding from the Water Sector's Technological Development Fund and the Programme for Green Technologies under the Ministry of the Environment.

Contact person (project team):

Carsten Vejergang, Aarhus Vand A/S, e-mail: chc@aarhusvand.dk

Authors: Carsten Vejergang, Aarhus Vand
Pia Jacobsen, Aarhus Vand
Hans-Jørgen Albrechtsen, DTU
Charlotte B. Corfitzen, DTU
Sune Thyge Ryssel, DTU
Arne Chr. Koch, Silhorko-Eurowater
Thomas Vogn Kjeldsen, Aarhus Vand
Maj Møller Sørensen, Aarhus Vand
Henrik Juul, VCS Denmark

Published by:
Future Water
Version 1.0
2 February 2016

EDITED BY:
CARSTEN VEJERGANG

Preface

These guidelines have been developed as a part of the WP6 project: *Reduction of the risk of contamination from atmospheric air (Reduktion af forureningsrisiko fra atmosfærisk luft)*, a sub-project under "Water Supply of the Future", a project funded by i.a. the Water Sector's Technological Development Fund and "Green Technology" a programme under the Ministry of the Environment.

WP6 has carried out risk assessments for the three following airborne sources of pollutants: pollen, pesticides from field crop production and smoke from fires, in connection with the application of atmospheric air in the production of potable water at Danish Waterworks.

In addition to pollen, pesticides and smoke, more general risk assessments were carried out in relation to the following potential pollutants: slurry spreading on fields (bacteria and ammonia) fertilisation (liquid ammonia and liquid NPK fertiliser), agricultural burning of fields (negative effect on taste and air), traffic (gasses and particles) and private burning of household materials or garden waste (unchecked burning). A workshop was carried out to undertake risk assessment and probability assessment as regards the potential pollutants. Participants in the workshop included: Aarhus Kommune Natur og Miljø (Aarhus Municipality - Department for Nature and the Environment); Aarhus Centre for Analytical Chemistry – Atmosphere and Climate; AffaldVarme Aarhus (WasteHeat Aarhus); DTU Miljø (Technical University of Denmark – Environment); Silhorko; Vandcenter Syd (VCS Denmark) and Aarhus Vand (Aarhus Water). The Technical University of Denmark - Environment carried out the risk assessments regarding pollen, pesticides and smoke respectively and a report (memorandum) with the results has subsequently been issued [1-3].

The concept descriptions found in the guidelines are based on the practical procedures followed by VCS Denmark and Aarhus Water, before the completion of WP6.

Table of contents

1	Objectives.....	4
2	Background.....	5
3	Concept descriptions: ventilation systems	6
3.1	Ventilation: aeration.....	7
3.2	Ventilation in filter facility	7
3.3	Ventilation: clean water tanks.....	8
3.4	Securing of clean air for the flushing of filters	9
3.5	Dehumidification	9
3.6	Air filters: general considerations.....	9
4	Summary and recommendations from WP6.....	13
4.1	Pollen	15
4.2	Pesticides	16
4.3	Smoke	19
5	Recommendations	21
6	References.....	23
7	Appendices	24

1 Objectives

The objectives for these guidelines are to provide water utilities and waterworks with a sound basis for decision-making as regards the usage of atmospheric air in the production of potable water for renovations or new constructions of waterworks, clean water tanks and/or aeration plants.

These guidelines focus on the risk of contamination of drinking water from pesticides, pollen or smoke from atmospheric air used in the water treatment process or for ventilation/pressure equalisation in clean water tanks. These parameters have been selected based on risk assessments to determine which airborne pollutants constitute the greatest risks as regards affecting the quality of drinking water.

These guidelines can be used both as a basis for assessing whether the included risk parameters are relevant in relation to the given water utility/waterworks and as a basis for assessing which means (i.e. air treatment) to apply to ensure the quality of drinking water during aeration and pressure equalisation. This is an integral element in the development of Documented Drinking water Safety (DDS).

The Documented Drinking water Safety (DDS) system ensures that water supply is attuned to the given situation and that the water utility/waterworks is able to control production so that the desired water quality is obtained. DDS has its basis in the principles of HACCP (Hazard Analysis and Critical Control Points).

2 Background

No standards have been established as regards filtration of process air for the production of potable water. Most waterworks will probably have implemented measures for the securing of process air without prior risk assessments to determine potential pollutants/contaminants and the precise risk that they present. These guidelines have been developed to serve as a tool to support decision makers in the assessment process.

The guidelines are based on procedures applied by Aarhus Vand and VCS Denmark in the design of ventilation systems in waterworks. The guidelines describe the practical aspects of securing process air.

The guidelines cover the following types of ventilation systems:

- Ventilation - aeration
- Ventilation in filter facility (open filters)
- Ventilation – clean water tanks
- Securing of clean stripping air
- Dehumidification

Other factors that may influence the choice of the ultimate solution e.g. energy consumption, work environment etc. fall outside the scope of these guidelines. The mentioned factors are, however, also to be considered as critical and they should be included in the decision-making process. These guidelines focus primarily on the threat of airborne contamination/pollution and measures for securing the quality of drinking water during the ventilation processes in waterworks.

3 Concept descriptions: ventilation systems

Danish water production normally uses atmospheric air for aeration of raw water, e.g. waterfall aeration or air diffusion. The treated raw water (drinking water) is also exposed to air contact in tank facilities (e.g. clean water tanks) where air is used to equalise pressure when the tank is filled and emptied respectively (Figure 1).

In the following, more recent concepts regarding aeration, pressure equalisation and in-door ventilation are described, taking a point of departure in the Documented Drinking water Safety (DDS) in relation to the production of potable water. The descriptions are based on solutions that have been applied and put into operation at VCS Denmark and Aarhus Vand – which means that the examples given constitute proven solutions. Measures towards the securing of drinking water from airborne pollutants may be solved by other technical means and may reflect other levels of ambition depending on the results of the risk assessments carried out by the given water utility in connection with the implementation of DDS.

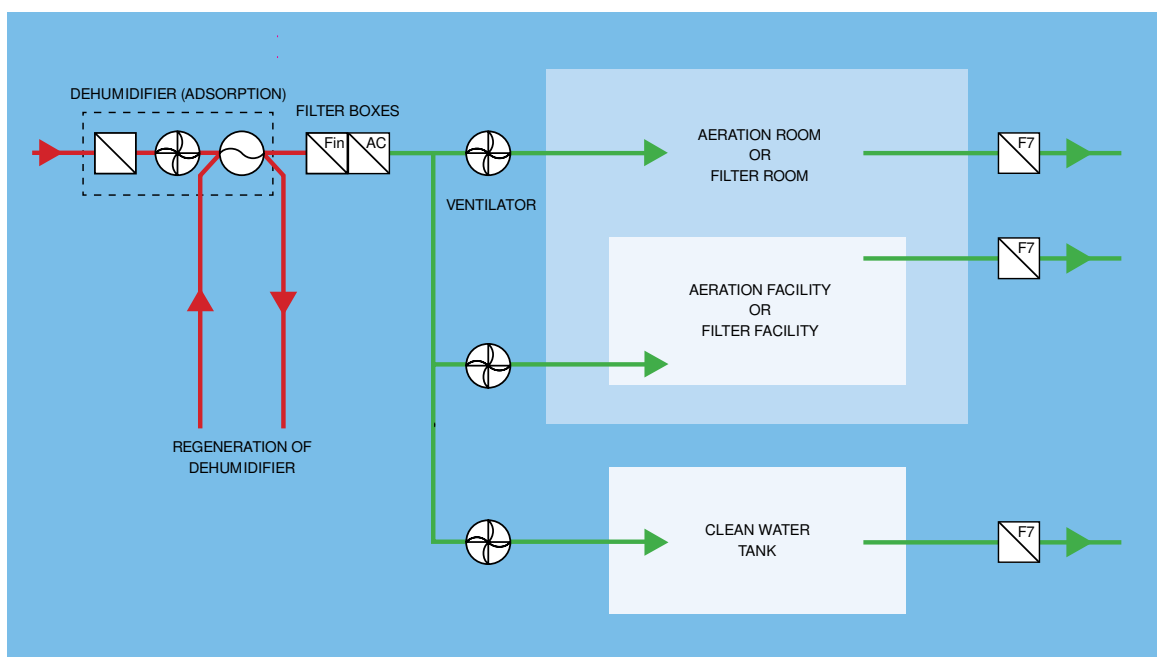


Illustration 1: Schematic diagram: filtration of atmospheric air used in the treatment of water at waterworks and in clean water tanks.

The most important element is, however, that the design is given careful consideration prior to construction, as the risk of a by-pass of the filtered airstreams is relatively high. As regards the schematic diagram (illustration 1) it should be noted that the adsorption dehumidifier possibly could be omitted. Air humidity is considered to be insignificant in relation to the efficiency of the carbon filter, as long as relative air humidity remains lower than 70%, cf. [4].

In-door ventilation can be undertaken by using ventilated positive pressure or negative pressure. In actual practice, it may prove problematic to apply positive pressure in old brick buildings as the humidity from the given room is forced into the brick walls. The humidity in the wall structures may result in frost damage to the building during winter, and potentially to the de-

struction of the brick construction. The alternative solution is to design a ventilation system using negative pressure. Air is drawn into the room by a ventilator via ventilation gratings with filters and is let out with other ventilators. It is important that resistance through the air inlet filter is low, so that air is not let in via cracks in the building or windows/doors. Furthermore, only engine oil that has been approved for food production should be used in the blowers due to the risk of leaky gaskets/washers that could result in the development of oil fumes in the air. Smaller blowers may be applicable when pressure differences are low and when the flow through the filter is limited – some smaller blowers run without oil.

The blower must draw air from pipes (air intakes) and not from the room itself. This ensures that dehumidification is reduced and it ensures that potential pollutants from smoke are avoided, in the event of a breakdown of the motor/blower

Normally, ventilation pipes for humid air are constructed in stainless steel and ventilators are constructed in corrosion-resistant plastic materials.

3.1 Ventilation: aeration

Traditionally, in-door ventilation in rooms with waterfall aeration has been handled using natural ventilation with ventilation gratings with fine-mesh grating filters.

Ventilation in rooms with waterfall aeration can be carried out with ventilated positive or negative pressure. A solution using positive pressure would be to aerate the raw water using aeration lines for the inlet of air at the bottom and outlet of air at the water surface. The aeration channels are designed with minimum air volume above the water surface – which means that the amount of air that needs to be vented is minimised. In practice, aeration channels are established with an air-tight cover. The outlet air is vented from below the filter covers. Air filters and e.g. carbon filters are mounted before the blowers (air in-take) that provide air for the bottom aeration.

3.2 Ventilation: filter facility

The ventilation systems in waterworks with open water treatment filters are designed with the primary objective of ensuring the following four factors:

- Filtration of all air that is in contact with drinking water
- Venting of the filter facility – to ensure removal of humidity that might otherwise cause damage to the building (wall/construction damage)
- Designing of facilities with open water surfaces should implement positive pressure solutions – in which dehumidification is also important in relation to the building/facility construction and as regards hygiene.
- Dehumidification of air that is in contact with cold surfaces in pipe ducts and engine rooms to a degree that makes it possible to avoid condensation.

Water treatment filters are often designed as covered or encased filters. Filter covers include hinged hatches or roller blanket covers placed above the water treatment filters. The air vented is drawn from below the filter covers. Dimensioning: 3 mm air gap along the periphery of the cover and for hinged covers, an added air gap along the middle. The downward air velocity

should be >1 m/s. Air is drawn from the filter room and under the filter covers in order to avoid overload of the outlet ventilator.

The excess amount of air that is generated in connection with the backwashing of filters can be handled by automated opening/unrolling of the filter covers while the cleaning of the filters is taking place. The outlet of air from each filter is controlled via a regulation damper that is precisely adjusted when the system is operationalised.

Outlet of air in connection with the cleaning of filters can also be handled by a two-stage ventilator with large capacity during backwashing. This means that the filter covers can remain in place and that problems with humidity in the filter building/construction can be avoided.

As a supplement to the outlet ventilator from the filters a stronger inlet ventilator is used to ensure an equal distribution of air in the filter room/facility. Both inlet and outlet are adjustable to ensure the following when the system is made operational:

- Positive pressure is maintained in the filter room/facility
- The downward air velocity must be at least 1 m/s along the entire periphery of the covers. This can be ascertained through measurements with a hot-wire anemometer.

It is important to secure the system against ingress of air from the flush water system. This can be done by installing a non-return flap or a non-return valve. It is also important to ensure that no by-pass/extraneous air is let in via other cracks and/or fissures in the system/building, cf. Dehumidification

3.3 Ventilation: clean water tanks

Traditionally, ventilation (pressure equalisation) in clean water tanks has been based on "natural" ventilation, i.e. air is let in/out as the water level rises and falls respectively.

Ventilation (pressure equalisation) for clean water tank uses air from the filter room/facility – which in turn may result in a relatively high degree of humidity in the filter room/facility. This solution ensures that air used in the clean water tank has been filtered and that a mild positive pressure is maintained in the clean water tank. The pressure equalisation connection between the filter room/facility and the clean water tank should be constructed so that it is secured against acts of terrorism, i.e. via a subterranean pipe connection or via a pipe-in-pipe where the gap between the pipes is filled with fluid fill concrete.

It is also possible to establish positive pressure in the clean water tank itself, so that constant positive pressure is maintained regardless of whether the tank is filling or emptying. The air volume above the water surface is changed twice every hour via a ventilator. The ventilation air is filtered in order to ensure that it meets the requirements of the DDS (water utilities). A solution with positive pressure in the clean water tank is illustrated in the appendix (Truelsbjergværket).

3.4 Securing of clean air for the cleaning of filters

Air is used in connection with the backwashing of filter material. The air intake for the blower is connected to a secure air inlet via a pipe system with filters, in order to secure the drinking water from airborne pollutants. The air inlet for flushing, aeration and ventilation of the clean water tank may be constructed as a single secured system.

Alternatively, the air for the flushing system may simply be drawn from the filter room/facility or from another room in which the inlet air is secured. The risk as regards using air drawn from the room itself is that the air may be polluted internally by the equipment/appliances located in the room or by people in the room. If pollutants are spread in the air, they may be spread to the drinking water as well.

3.5 Dehumidification

Dehumidification must be established in rooms/indoor areas that have cold surfaces, on which humidity/water vapours could condensate. Dehumidification will typically be necessary in rooms/indoor areas with steel tanks, pipe ducts and engine rooms with pumps. Dehumidification ensures circulation of the air through the rooms and along the cold surfaces. A dew point regulator is used to set a target value which is typically 5-7% in the winter, and with an air humidity value of 50 % in the summer – or in a more simple system: set based on relative humidity with a hygostat setpoint of 50-55 %.

Air change or draught from walls, windows or doors should be avoided as they generate an increase in energy consumption. It must be ascertained that no leaks exist and that floor drains have been secured against exsiccation and evaporation, e.g. with 3 dl of glycerine. All doors must be fitted with elastic joint sealant along the rabbet. In cases where doors do not have a threshold, a special device must be fitted to ensure that the door shuts tightly against the floor when in closed position.

The efficiency of compressor dehumidifiers decreases when operating at temperatures below 15°C, which is why absorption dehumidifiers are typically used (i.e. dry rotor desiccant), as they are more efficient at low temperatures. An air filter is mounted through which the airflow for process air is directed. The silicate used to dry the process air must be regenerated. Regeneration is carried out by heating a secondary air stream and passing it through the silicate plate. The secondary air stream is not filtered, which means that the filters must be mounted after the dehumidifier. This solution ensures that no cross-contamination is possible from the dehumidifier to the silicate plate.

3.6 Air filters: general considerations

In continuation of the risk assessments of pollutants/contamination, barriers against the threat of pollution/contamination have been examined (i.e. filtration systems for the air that is utilised in the production of drinking water).

A broad range of air filters are marketed, and they are divided into filter classes, based on their filtering capabilities. The standards DS/EN 779 and DS/EN 1822 as well as the CCFRA GUIDELINE

NO. 12 – *Guidelines on air quality standards within the food industry*, [8-10] are used as the basis for identifying the relevant filter classes.

The DS/EN 779 standard classifies and describes the procedure for testing coarse filters, medium filters and fine filters. In short, the test method (and thereby also the classification) consists of two concepts: average arrestance and average efficiency. Average arrestance indicates the ability of an air filtration device to remove coarse dust from the air (e.g. if 100 g of dust is added to the air, and 80 g is caught by the filter, the average arrestance is 80%). Average efficiency is an indication of how well the filter catches fine particles (0.4 μm – 1.0 μm).

The DS/EN 1822 standard defines classification and test methods that apply to high-efficiency filters (i.e. EPA filters, HEPA filters and ULPA filters). Classification and test methods for these types of filters generally consist of the following elements:

- Pressure drop through the filter at nominal flow volume
- The total efficiency based on particle size with the highest penetration rate (MPPS = Most Penetrating Particle Size) at nominal flow
- The local efficiency of the filter for the particle size with the highest penetration rate (MPPS) at nominal flow
- No uncontrolled inlet (cracks/weak areas) for HEPA filter H13 (and for filters with a higher efficiency)

Testing and classification of high-efficiency air filters is based on their degree of efficiency in relation to retaining the Most Penetrating Particle Size, MPPS, from a well-defined composition of particles of varying sizes. Efficiency is determined based on the particle size for which the most particles have passed through the filter during the test. Table 1 provides an overview of the correlation between filter types, size of retained particles and typical usage of the given filter.

Filter class DS/EN 779:2012	Average arrestance for synthetic dust(A_m) [%]	Particle matter (examples)	Diameter
G1	$A_m < 65$	Hair, lint	20-200 μm
G2	$65 < A_m < 80$	Wet paint, sand, leaves, fat, droplets	10-100 μm
G3	$80 < A_m < 90$	Droplets, airborne soil, visible dust	10-100 μm
G4	$90 < A_m$	Visible dust	10-100 μm
Filter class DS/EN 779:2012	Average efficiency (E_m) for 0,4 μm particles [%]	Particle matter (examples)	Diameter
M5	$40 < E_m < 60$	Pollen (whole), visible dust	10-100 μm
M6	$60 < E_m < 80$	Spores	10-25 μm
F7	$80 < E_m < 90$	Toner particles, particles from incineration, particles that are damaging to the lungs, allergens	5-20 μm
F8	$90 < E_m < 95$	Bacteria, mould, fungal spores	0,1 μm -
F9	$95 < E_m$	Bacteria, mould, fungal spores	0,1 μm -
Filter class DS/EN 1822:2009	Efficiency MPPS	Particle matter (examples)	Diameter
E10	$85 < h$	Toner particles	5-20 μm
E11	$95 < h$	Smoke (oil-based)	0,3-5 μm
E12	$99,5 < h$	Bacteria	0,2-25 μm
H13	$99,95 < h$	Tobacco smoke, asbestos, mould	0,01-1 μm
H14	$99,995 < h$	Viruses, most commonly used filter class	0,01-1 μm
Filter class DS/EN 1822:2009	Efficiency MPPS	Particle matter (examples)	Diameter
U15	$99,9995 < h$	Viruses	0,01-1 μm
U16	$99,99995 < h$	Viruses	0,002-0,05 μm
U17	$99,999995 < h$	Extreme requirements regarding filtration, purification	

Table 1: Distribution of filter types with respective standard, size of retained particles and typical industrial usage [1-3]. C: coarse; M: medium; F: fine; E: EPA; H: HEPA; U: ULPA.

The installation of filters ensures that all air is treated and that particles are retained (in accordance with the efficiency of the given filter).

In Table 1 (above), the air filters in filter classes F7, F8 and F9 belong to category F (=fine filters)

Air filters of the F-type will retain pollen and drifting droplets from field spraying. An F7 filter has an average efficiency (E_m) of 80-90% for 0.4 μm particles. It is therefore reasonable to assume that a significant number of particles larger than 2 μm , (e.g. soot particles, pollen etc.) will be retained with an F7 filter.

If a higher rate of efficiency is desirable under the DS/EN 779 standard, an F8 or an F9 filter could be the solution. F9 filters have an average efficiency E_m of more than 95% for 0.4 μm particles.

Air filters under the DS/EN 1822 standard are used, if even finer particles are to be filtered. High-efficiency filters are categorised as EPA, HEPA and ULPA, and they are divided further into the following filter classes: E10, E11, E12 (EPA), H13, H14 (HEPA), U15, U16 and U17 (ULPA).

If a high-efficiency filter is preferred (e.g. HEPA or ULPA), it is possible to remove the fraction of the largest smoke particles from the filtered air.

By using high-efficiency air filters, one or more pre-filters (coarse filters) must also be installed to alleviate the load on the high-efficiency filter (e.g. a HEPA filter). HEPA filters require changing significantly more frequently than F-type filters.

Filters based on activated carbon should be used in cases where gasses (incl. vaporised pesticides) are to be filtered.

Pre-filters are commonly used with filter classes F, EPA, HEPA and ULPA, as this prolongs the service life of the F-type filters and the high-efficiency filters (e.g. the installation of an M5 filter before filters from filter classes F7-F9).

Ventilation facilities are often dimensioned to an initial differential pressure through the filter of 50 mBar. Depending on the given filter class, the initial differential pressure will increase to 250-450 mBar in the course of the filter service life. The installation of a membrane differential pressure switch, could serve to alert the SCADA system when the filter needs to be changed (the resistance in the filter exceed a set limit). Normally, filter bags are changed once a year, and for rural waterworks this will often mean that filters are replaced before the differential pressure has increased to 250 mBar.

Another factor to be considered, is the determining of the most optimal time of the year/season to replace the filters, e.g. immediately after the ending of the pollen season (as the efficiency of the filter must be assumed to be lowest at this point (=high differential pressure)).

4 Summary and recommendations from WP6

The scope of these guidelines is limited to the issuing of recommendations regarding the various types of filtration of atmospheric air that provide the desired level for securing process air in the production of potable water. As previously stated in the introduction to these guidelines, recommendations are based on the generating of knowledge and risk assessments regarding potential pollutants/contaminants, i.e. pollen, pesticides and smoke in WP6 (*Reduktion af forureningsrisiko fra atmosfærisk luft*).

In addition to pollen, pesticides and smoke, general risk assessments have been carried out as regards the following potential pollutants/contaminants:

- Spreading of slurry/organic fertiliser (bacteria and ammonia)
- Fertilisation (liquid ammonia and liquid NPK fertiliser)
- Crop residue burning (affects how the water tastes and smells)
- Traffic (gasses and particles)
- Emission from industries/enterprises (gasses and particles)
- Burning of household/garden matter (uncontrolled combustion)

Risk assessments and probability analyses were carried for each pollutant/contaminant at a cross-sectorial workshop. Participants in the workshop: Aarhus Kommune Natur og Miljø; Aarhus Centre for Analytical Chemistry – Atmosphere and Climate; AffaldVarme Aarhus; DTU Miljø; Silhorko; VCS Denmark and Aarhus Vand.

Table 2 (next page) shows the compiled results from the workshop (pollen, pesticides and smoke are not included in Table 2).

Parameter	Pollutant/contaminant	Risk assessment	Probability assessment
Spreading of slurry/organic fertiliser.	Bacteria and ammonia.	Modern fertilising techniques ensure that slurry/organic fertiliser is no longer sprayed or slung in the air, but is led straight into the soil.	The risk of a presence of airborne bacteria was deemed to be low and furthermore, ammonia, in this connection, did not give rise to concern due to the modern methods of fertilisation.
Liquid ammonia and liquid NPK fertiliser.	Ammonia.	Liquid ammonia precipitates when spread and only constitutes a very minor share of the total amount of N that is used for fertilisation.	Ammonia, in this connection, did not give rise to concern due to the modern methods of fertilisation.
Burning of crop residue in the fields.	Could potentially affect the taste and smell of water.	It has not been determined which of the components of smoke that could cause a depositing of taste and/or smell in water.	Legally permitted burning of crop residue is limited, and more focus should be placed on accidents, e.g. fires in storage facilities for straw/bales.
Traffic.	Gasses and particles, including nano-particles.	Local exposure to traffic-based pollution varies considerably. The height of the emission plume is a significant factor in the dissemination of traffic-based pollution [11].	Generally, traffic is not found to be an immediate cause for concern. It does however, remain that due consideration should be given to the location of the inlet in relation to traffic.
Combustion of household/garden matter.	Uncontrolled fires may emit airborne substances/particles that are injurious to health. The list of possible substances is very comprehensive and in each given case the particles emitted depend on the matter that fuels the fire.	This is a potential source of pollution that is very hard to control. Illegal combustion of household/garden matter may include a wide variety of materials.	The blurred distinctions concerning illegal private combustion of household/garden matter makes it difficult to calculate and test resultant pollution.

Table 2: Risk assessment and probability assessment regarding various pollutants/contaminants (from cross-sectorial workshop)

The above summary should not be viewed as exhaustive of the given parameters. Each waterworks or water utility should therefore consider whether the conclusions above match the specific conditions that apply locally.

Germany has issued a norm for filtration of air used in waterworks [5] and [7]. The German norm recommends the usage of fine filters (F7-F9) in a combination with a pre-filter (type M5). Furthermore, the German norm states that HEPA filters are not usually applied in water supply systems.

The Danish food industry uses both HEPA filters and ULPA filters [1] as a means towards securing production from airborne pollutants.

4.1 Pollen

Pollen could potentially become an aesthetic nuisance in relation to drinking water. It does, however, also pose a possibility of transferring bacteria to the drinking water. Pollen consists primarily of proteins, carbohydrates, enzymes, fatty acids, minerals and vitamins and is therefore also a source of organic matter for bacterial growth which means that it could generate potential for an increased aftergrowth. Biological stability is one of the properties of water. As a general rule, water is categorised as biologically stable when its content of assimilable organic carbon (AOC) is less than 10 µg-C/litre.

A risk assessment was carried out [1], based on a worst case scenario with an air:water ratio of 100:1, equivalent to Inka aeration (i.e. very intensive aeration). Most waterworks use other types of aeration with an air:water ratio of 0.3:1 - 1:1. As regards pressure equalisation in clean water tanks, a minimum filling/water volume of 1 m in an 11 m high 1000 m³ tank is used as the basis for calculation. Furthermore, pollen is presumed to transfer and mix completely in water. The content of pollen in the air is set as the amount measured in a record year (i.e. the highest concentration ever recorded). The calculations are based on the assumption that pollen consists of 50% assimilable organic carbon. For a more detailed account of the assumptions applied, see [1].

Risk assessments and filter recommendations are listed in Table 3.

Pollutant	Risk assessment	Choice of filter
Pollen Increased aftergrowth potential.	6.3 ¹⁾ µg-C/litre could be transferred through Inka aeration. 0.6 µg-C/litre could be transferred in the clean water tank when it is emptied to the minimum water volume.	Most types of pollen will be retained in an M5 filter. With an F7 filter also most of the smallest particles of pollen (>2.4 µm) can be retained in the filter.
Pollen Introduction of bacteria (total bacterial count).	It was not possible to find references that describe the concentration of bacteria on pollen under Danish conditions that can be correlated with guideline values as regards bacterial counts in drinking water. However, in all probability, pollen is a potential carrier of bacteria that may be transferred to drinking water.	

¹⁾ The value will be lower (by approx. factor 100) due to a lower air:water ratio in other types of aeration.

Table 3: Risk assessments and filter recommendations re. pollen as a potential pollutant. Assumptions employed in the risk assessments, see /1/.

4.2 Pesticides

Airborne pollutants are generally transported in two ways: evaporation or transportation on airborne, drifting matter (wet or dry deposition). Spraying of pesticides will inevitably produce droplets from the nozzles that do not settle on plants or on the soil. Such droplets are transported by the wind, and this is called "drifting". Drops of pesticide that settle on plants or soil will, over time, vaporise/volatilise and such volatilised pesticides will also be transported by the wind.

As regards drifting of pesticides (spray drift), the most significant parameters in relation to a risk assessment include the type of nozzle used and the wind conditions at the time of spraying the given field. The nozzle type determines the size of the droplets and the given wind conditions determine the potential for the transport of droplets.

The most significant factor as regards evaporation/volatilisation of pesticides is the physico-chemical properties of the given pesticide as well as the properties of the surface on which the pesticide settles. Meteorological parameters do, however, also have a significant impact on the degree of evaporation/volatilisation of pesticides.

Drifting of pesticides will primarily occur in connection with the spraying of the field. Evaporation/volatilisation will typically take place over a longer period and will typically decrease over time.

A risk assessment was carried out [2], based on a worst case scenario with an air:water ratio of 100:1, equivalent to Inka aeration (i.e. very intensive aeration). As regards pressure equalisation

in clean water tanks, a minimum filling/water volume of 1 m in an 11 m high 1000 m³ tank is used as the basis for calculation. The assessment was based on five selected exemplary substances.

The most significant assumptions adopted in the risk assessments as regards the pesticides:

- Highest standard dosage (exemplary pesticides).
- Wind speed: 4 m/s while the field is sprayed.
- Equilibrium is set immediately as regards the concentration of matter (soil, water and air) - fugacity model
- Even distribution up to 4 metres above ground level

For a more detailed description of the assumptions applied in the risk assessments, see [2]. The risk assessments and filter recommendations are listed in Table 4 (next page).

Pollutants/contaminants	Risk assessments	Choice of filter
<p>Water droplets containing pesticides.</p> <p>Pesticide vapour.</p> <p>The exemplary pesticides: Five selected pesticides from the biocide statistics¹⁾.</p>	<p><u>Drifting:</u> The quality requirement values for drinking water will not be exceeded with aeration/pressure equalisation.</p> <p><u>Vaporisation/volatilisation:</u> During Inka aeration, two of the exemplary pesticides are found to be in excess of the tolerance values set for the quality of drinking water²⁾ (Prosulfocarb 0.16 µg/L and Pendimethalin 1.7 µg/L).</p> <p>During pressure equalisation in the clean water tank (when emptied to the minimum water volume), one of the exemplary pesticides (Pendimethalin 0.17 µg/L) is found to be in excess of the tolerance values set for the quality of drinking water.</p> <p>The concentrations used in the calculations represent an absolute worst-case scenario, which must also be viewed in relation to the following:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Excess values will only occur during and/or immediately after the spraying of the field (i.e. very few days a year). • Excess values will only occur over a short period of time. • Excess values will only occur when the given pesticide is selected to be sprayed on the field (or when another pesticide is used with similar physico-chemical properties and dosage). The choice of pesticide and frequency of spreading depends on the given crop (some crops only require the spreading of pesticides once a year), and the given crop may be cultivated on the given field with an interval of several years. • Excess values only occur if the wind direction leads drift spray/particles directly towards the waterworks. 	<p>An F filter will not be able to retain pesticide vapour (unless the pesticides adsorb onto the filter material).</p> <p>If the filter is to retain pesticide vapour, it will be necessary to install a carbon filter – however, based on the conclusions of the risk assessments this would be a rather drastic safety measure to implement in this context.</p>

¹⁾ Cypermethrin (CAS no.: 52315-07-8), Prosulfocarb (CAS no.: 52888-80-9), Pendimethalin (CAS no.: 40487-42-1), Glyphosat (CAS no.: 1071-83-6), Epoxiconazol (CAS no.: 133855-98-8/135319-73-2).

²⁾ During aeration with an air:water ratio of 1:1 (which will be the maximum for most Danish waterworks) the calculated values do not exceed the quality requirements for drinking water.

Table 4: Risk assessments and recommendations regarding filters for pesticides as pollutants. Assumptions applied in the risk assessments, see /2/.

In connection with inspection/sampling of drinking water from the clean water outlet, it must be noted that a sample could show the presence of pesticides in the waterworks' produced water, despite the fact that the wells used do not contain pesticides. In the event that such unexpected pesticide values are detected in the water, it could be expedient to determine whether a field in the surrounding area may have been sprayed around the time of the collecting of the sample.

4.3 Smoke

All fires and combustion of materials could potentially pose a problem as regards the quality of drinking water. Smoke inherently contains carbon monoxide, carbon dioxide and particles. The sizes and amount of particles and the specific concentration of chemical substances in the smoke depend on the type of combusted material, the presence of oxygen and the temperature of the fire.

Smoke from incineration plants is treated in a scrubber, and poses a very negligible risk.

In [3] it is concluded that the most significant risk from smoke in relation to waterworks is the content of heavy metals and dioxin – risk assessments relating to smoke have been carried out on these two pollutants only.

Risk assessment and recommendations regarding filters are listed in Table 5.

Pollutant/contaminant	Risk assessment	Filter recommendations
Only heavy metals and dioxins have been assessed.	It is not possible to make general assumptions regarding the particle composition of smoke from accidental fires/fires requiring firefighting.	Classes F7, F8 and F9 can retain the vast majority of particles from combustion. A carbon filter is required if the gasses from the smoke are to be removed as well.
Heavy metals combine with smoke particles.		
Dioxins primarily combine with the fine particles in smoke and have poor water solubility.	The impact of heavy metals and dioxins in drinking water can be reduced/prevented by the removal of particles from the air.	Each waterworks must consider the risk of fires with toxic/injurious smoke in its close surroundings and research local conditions as a basis for making a decision as regards provisions for such particle filtration.
In general, smoke is divided into 2 categories: particles smaller than 2.5 µm (PM _{2.5}) and particles smaller than 10 µm (PM ₁₀).	Short-term impact from dioxin in drinking water production via fine particles is presumed not to pose a health hazard.	

Table 5: Risk assessments and recommendations regarding filters for smoke as a pollutant. Assumptions applied in the risk assessments, see: /3/.

As mentioned earlier, the list of chemical substances that may be generated by a fire depends on the combusted material, the amount of oxygen and the temperature of the fire. However, generally speaking, sulphur oxides (SOx) and nitrogen oxides (NOx) will be generated. SOx and NOx can be detected by a smoke detector and this can alert the waterworks to a fire in the local area and makes it possible for the waterworks to establish contingency plans/emergency procedures in the event of a fire in the area.

Furthermore, an agreement with the municipal emergency services could be considered. Such an agreement could ensure that the waterworks/water utility is alerted to fires in the local area.

5 Recommendations

As a point of departure, water utilities/waterworks should consider the use of atmospheric air in the production of drinking water in the same manner as all other components/products are considered that are in direct contact with the water (based on the Documented Drinking water Safety under HACCP). This means that risk assessments must be carried out (probability and consequences of given events) and that the necessary measures are implemented to meet the desired safety level.

Risk assessments must be carried out based on each individual location, as the surroundings may be a deciding factor in the establishment of certain safety measures.

The recommendations below have been divided into three levels (Table 6):

Recommendation level 1 (green in the DDS guidelines – HACCP)

Requires thorough and fully documented risk assessment, in which probability and consequences have been set as provisionally low.

Recommendation level 2 (yellow in the DDS guidelines – HACCP)

Is also based on risk assessment, however, these risk assessments have not been satisfactory or sufficiently documented, or the risk assessments have shown a lower threat/risk.

Recommendation level 3 (red in the DDS guidelines – HACCP)

Based on a high risk, insufficient risk assessment or intensive aeration (e.g. Inka aeration)

Recommendation level	Recommendation
1.	Carry out relevant risk assessments and use DDS as a management tool in relation to the results.
2.	Carry out relevant risk assessments and choose the required filter class (e.g. M5 or higher) and use DDS as a management tool in relation to these. Consider the location of the air inlet in relation to traffic. The height of the emission plume is a determining factor as regards exposure. Establish monitoring, if relevant, e.g. an online SCADA flue gas detector (NO _x /SO _x) set up to alert the waterworks of pollutants – or for fire monitoring.
3.	Carry out relevant risk assessments and choose the required filter class (e.g. F7 and filtering through activated carbon), and use DDS as a management tool. If relevant, establish a fixed and secured barrier (fine filters and filters with active carbon). All indoor air is subject to filtration with active carbon.

Table 6: Recommendations regarding the use of atmospheric air in the water treatment process.

As a supplement to the above recommendations, water utilities/waterworks are advised to

contact the local emergency services to set up an agreement regarding notification in the event of a fire in the local area.

As an element in the contingency plan/emergency procedures it should be determined whether the waterworks can be shut down in the event of severe air pollution or whether the waterworks supply water for the firefighting processes.

6 References

- [1] Ryssel, S., Corfitzen, C.B., Albrechtsen, H.J.: *Pollen*. Fremtidens drikkevandsforsyning. WP6 reduktion af forureningsrisiko fra atmosfærisk luft. DTU Notat. December 2015.
- [2] Ryssel, S., Corfitzen, C.B., Albrechtsen, H.J.: *Vurdering af pesticidkoncentration i drikkevand ved sprøjtning af mark nær vandværk*. Fremtidens drikkevandsforsyning. WP6 reduktion af forureningsrisiko fra atmosfærisk luft. DTU Notat. December 2015.
- [3] Ryssel, S., Corfitzen, C.B., Albrechtsen, H.J.: *Partikler og kemiske forbindelser i røg*. Fremtidens drikkevandsforsyning. WP6 reduktion af forureningsrisiko fra atmosfærisk luft. DTU Notat. December 2015.
- [4] FORCE Technology, Energi & Miljø: *Filtre med begrænset levetid*. Miljøstyrelsens Referencelaboratorium for måling af emissioner til luften. Rapport nr. 51, 2008.
- [5] DVGW Regelwerk: *Entfeuchtung, Lüftung, Heizung in Wasserwerken*. Technische Mitteilung. Merkblatt W621. 10/93.
- [6] Ryssel, S.: *Opsamling af workshop – afholdt hos Aarhus Vand den 14. maj 2014*. Notat.
- [7] DVGW Regelwerk: *Gasaustauschapparate in der Trinkwasseraufbereitung*. Technische Regel - Arbeitsblatt. DVGW W 650 (A). April 2012.
- [8] CCFRA GUIDELINE NO. 12 – Guidelines on air quality standards within the food industry.
- [9] DS/EN 779:2012. Partikelluftfiltre til generel ventilation – Bestemmelse af filtreringsegenskaber.
- [10] DS/EN 1822-1:2009 Højeffektive luftfiltre (EPA, HEPA og ULPA) - Del 1: Klassifikation, ydeevneprøvning, mærkning.
- [11] Teknologiuudviklingsprogrammet for jord- og grundvandsforurening: *Diffus jordforurening og trafik. Delrapport 3*. Miljøprojekt Nr. 913, 2004.

7 Appendices

P&I diagram (piping and instrumentation) of the tank ventilation system at Truelsbjergværket (Truelsbjerg waterworks) - hardcopy, A2.

Filter types and components for the tank ventilation system at Truelsbjergværket (Truelsbjerg waterworks).

APPENDICS:

Filter types and components for the tank ventilation system at Truelsbjergværket (Truelsbjerg waterworks).

Truelsbjerg Waterworks

Types of filters and components for tank ventilation system etc.
Numbers refer to drawing TV1235-071 (tank ventilation diagram)

Compressor room

1) Tank ventilator with air drier and integral air filter



Tank ventilator with air-drier
No. 1.2

Integrated pre-filter
No. 1.1

Tank ventilator with air-drier (No. 1.2):

Manufacturer: Cotes A/S

Dealer: Fugtkontrol A/S

Type: CR1200-10122E-22-Wet Air Control

Integrated pre-filter (No. 1.1):

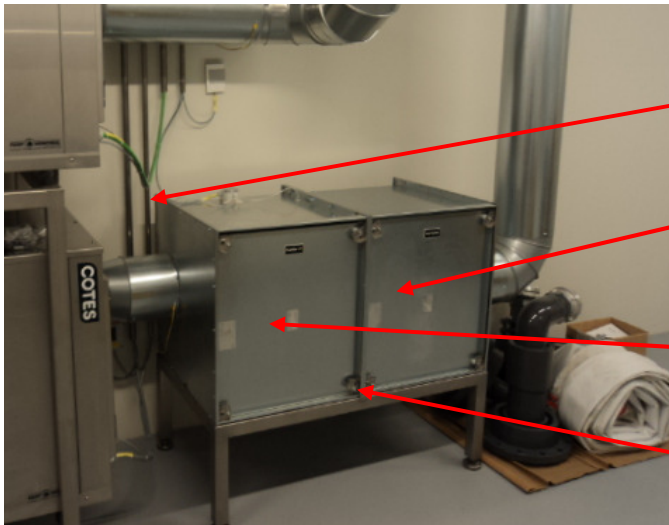
Make: Cotes A/S

Dealer: Fugtkontrol A/S

Type: WU-50-4 panel filter
290x290x47 – G4/EN779

Compressor room

2) Air filters and pressure switch after tank ventilator with air-drier



Pressure switch/pressure switch/differential air pressure switch (No. 2.1):

Make: Schneider
Type: SPD910-500 Pa

Secondary filter (No. 2.2):

Make: NOMITEC
Dealer: AirTeam A/S
Type: 592x592x500 - F7 EN779

Carbon filter (No. 2.3):

Make: NOMITEC
Dealer: AirTeam A/S
Type: Active 26-3 (plastic) - $\varnothing 145 \times 457$ mm
Quantity: 18 stk.

Comments: Neoprene gasket

Filter box:

Make: NOMITEC/Sagicoform S.p.A.
Model: F570105AF000000,
Type: MD5

RV tank hall – RV tanks

3) Pressure transmitter on ventilation duct for RV tank 1 and RV tank 2



Pressure transmitter
No. 3.1/No. 3.2

Pressure transmitter (No. 3.1/3.2):

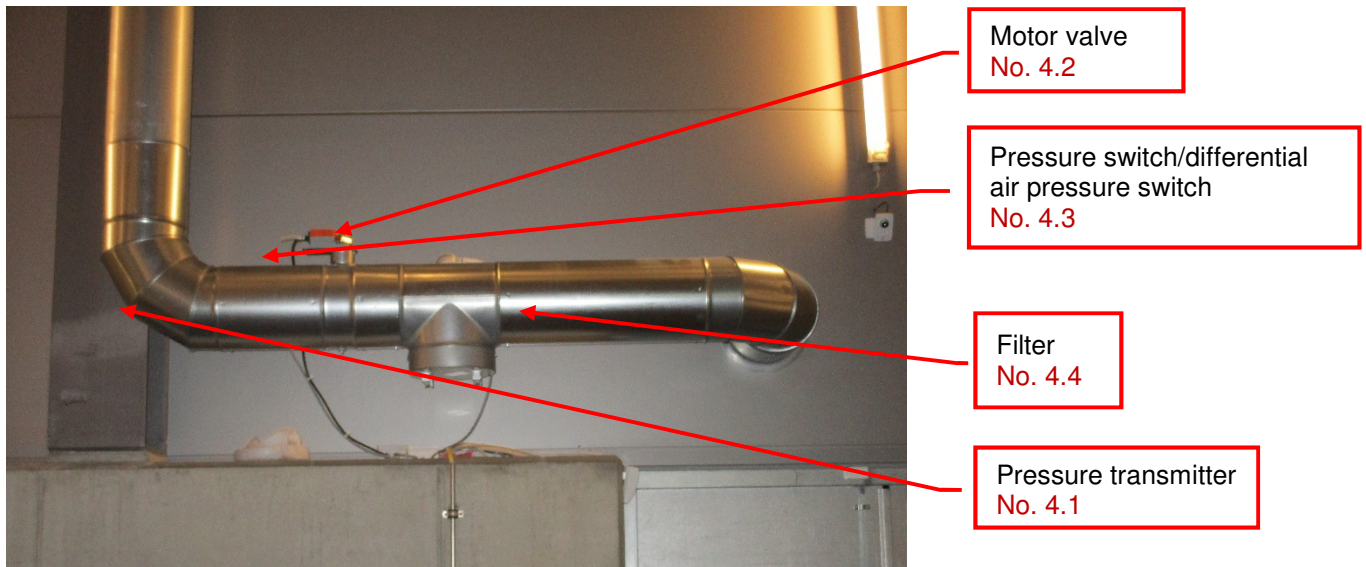
Make: HK Instruments Oy

Model: DPT 250-R8-AZ 0-10V 4-20 mA

Comment: Pressure transmitters solely monitor current pressure in each tank.

RV tank hall – RV tanks

4) Outflow pipe for tank ventilation of RV tanks (exit RV tank hall)



Pressure transmitter (No. 4.1):

Make: HK Instruments Oy
Model: DPT 250-R8-AZ 0-10V 4-20 mA

Comment: Pressure transmitter controls and maintains excess pressure in RV tanks.

Motor valve (No. 4.2):

Motor:
Make: BELIMO,
Type: LM 24A-SR-F 5 Nm (m/ Z-UIC box)

Valve:

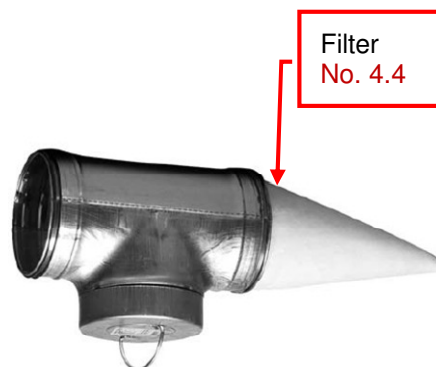
Make: Lindab
Type: ø250 - DTBCU, DTBU or DTFU

Pressure switch/differential air pressure switch (No. 4.3):

Make: Schneider
Type: SPD910-500 Pa

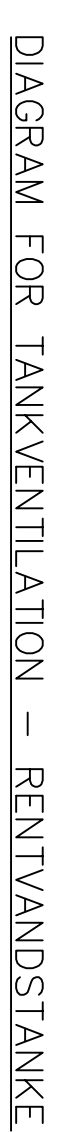
Filter (No. 4.4):

Make: Lindab A/S
Dealer: Airteam A/S or Sanistål A/S
Type: STR 250 M5 (with ring)
Filter housing T-piece: TCPU
Cover: EPFH 250 galvanized



APPENDICS:

P&I diagram (piping and instrumentation) of the tank ventilation system at Truelsbjergværket (Truelsbjerg waterworks) - hardcopy, A2.

[illegible]

Denne tegning tilhører SILHORKO-EUROWATER A/S og må ikke anvendes eller kopieres uden SILHORKO-EUROWATER A/S tilladelse.

Appendiks:

PI-diagram for beholderventilation på Truelsbjergværket (papirformat A2).

[illegible]

SIGNATURE:

- | | | | |
|---|--|---|--------------------------------------|
|

 | UNDER-/OVERTRYKSKRING, SIKKERHEDSKONTROL
AFSPERRINGSJÆLD
REGULERINGSSJÆLD
MOTORSPJÆLD |

 | FLITETAG/TRYKKNAG
TRYKTRANSMITTER |
|---|--|---|--------------------------------------|

Appendiks:

Filertyper og komponenter til beholderventilationssystem på Truelsbjergværket.

Truelsbejrg Vandværk

Fabrikattyper på filtre og komponenter for tankventilationssystem m.v.
Punkter referer til tegning TV1235-071 (Diagram for tankventilering)

Kompressorrum

1) Tankventilator m/lufttørre og indbygget luftfilter



Tankventilator m/lufttørre,
Pkt. 1.2

Indbygget forfilter,
Pkt. 1.1

Tankventilator m/lufttørre (Pkt. 1.2):

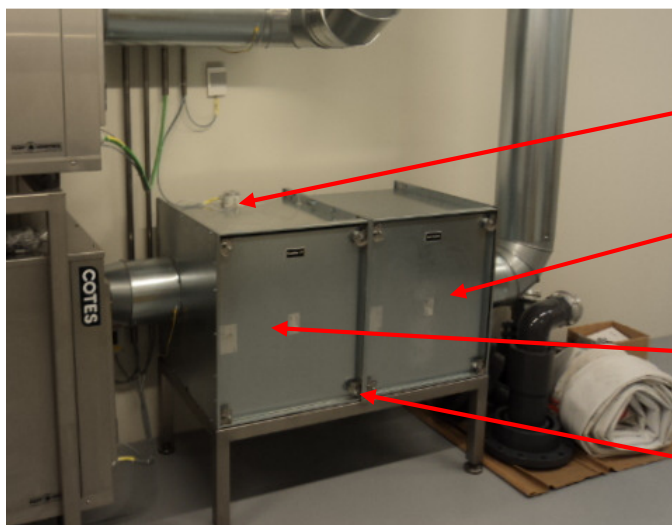
Producent: Cotes A/S
Forhandler: Fugtkontrol A/S
Type: CR1200-10122E-22-Wet Air Control

Indbygget forfilter (Pkt. 1.1):

Fabrikat: Cotes A/S
Forhandler: Fugtkontrol A/S
Type: WU-50-4 panelfilter
290x290x47 – G4/EN779

Kompressorrum

2) Luftfiltre og luftvagt efter tankventilator m/lufttørre



Filtervagt/differenspressostat
Pkt. 2.1

Aktiv kulfilter
Pkt. 2.3

Finfilter
Pkt. 2.2

Filterkasse

Luftvagt/ Luftvagt/differenspressostat (Pkt. 2.1):

Fabrikat: Schneider
Type: SPD910-500 Pa

Finfilter (Pkt. 2.2):

Fabrikat: NOMITEC
Forhandler: AirTeam A/S
Type: 592x592x500 - F7 EN779

Kulfilter (Pkt. 2.3):

Fabrikat: NOMITEC
Forhandler: AirTeam A/S
Type: Aktiv 26-3 (Plastik) - ø145x457 mm
Antal: 18 stk.

Bemærkning: Neopren pakning

Filterkasse:

Fabrikat: NOMITEC / Sagicofim S.p.A.
Model: F570105AF000000,
Type: MD5

RV-tanksal – RV-tanke

3) Tryktransmitter på ventilationskanal for RV-tank 1 og RV-tank 2



Tryktransmitter
Pkt. 3.1 / Pkt. 3.2

Tryktransmitter (Pkt. 3.1 / 3.2):

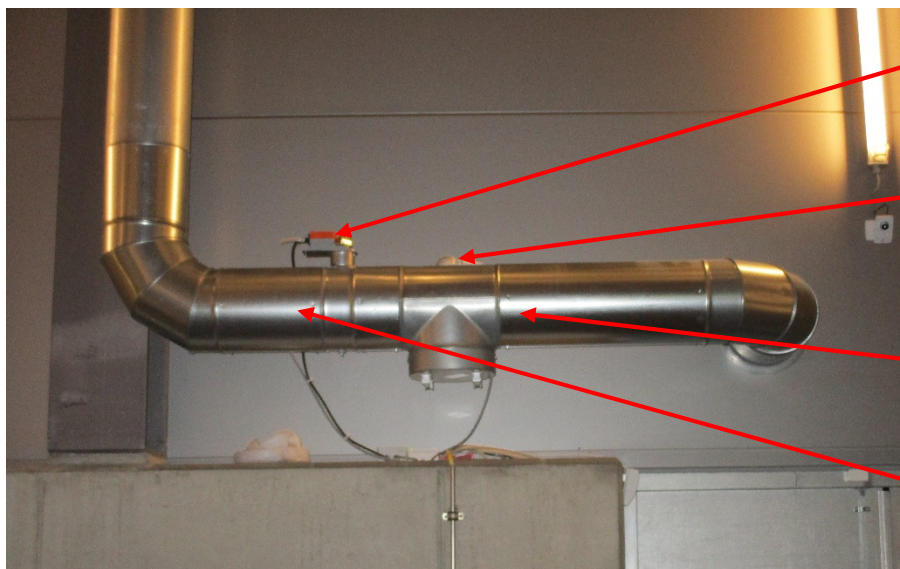
Fabrikat: HK Instruments Oy

Model: DPT 250-R8-AZ 0-10V 4-20 mA

Bemærkning: Tryktransmittere er alene for overvågning af aktuel tryk i hver tank.

RV-tanksal – RV-tanke

4) Afkastkanal for tankventilation for RV-tanke (udgang/exit RV-tanksal)



Motor spjæld
Pkt. 4.2

Filtervagt/differens-
Pressostat
Pkt. 4.3

Filter
Pkt. 4.4

Tryktransmitter
Pkt. 4.1

Tryktransmitter (Pkt. 4.1):

Fabrikat: HK Instruments Oy
Model: DPT 250-R8-AZ 0-10V 4-20 mA

Bemærkning: Tryktransmitter er for styring og opretholdelse af overtryk i RV-tanke.

Motorspjæld (Pkt. 4.2):

Motor:
Fabrikat: BELIMO,
Type: LM 24A-SR-F 5 Nm (m/ Z-UIC-boks)

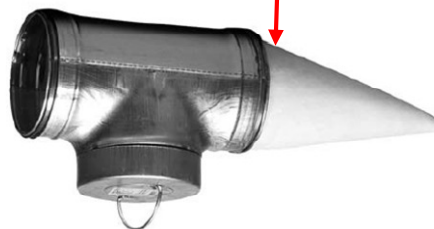
Spjæld:
Fabrikat: Lindab
Type: ø250 - DTBCU, DTBU el. DTFU

Luftvagt/differenspressostat (Pkt. 4.3):

Fabrikat: Schneider
Type: SPD910-500 Pa

Filter (Pkt. 4.4):

Fabrikat: Lindab A/S
Forhandler: Airteam A/S eller Sanistål A/S
Type: STR 250 M5 (med ring)
Filterhus: T-stykke: TCPU
Dæksel: EPFH 250 Galv.



Filter
Pkt. 4.4

Reduktion af forureningsrisiko fra atmosfærisk luft på vandværker
Arbejdspakke 6 under Fyrtårnsprojekt "Fremtidens Drikkevandsforsyning"



Miljøstyrelsen
Strandgade 29
1401 København K

www.mst.dk